ORGANIZADOR
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
INNOVATE:
ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL 3
Atena
Editora
Ano 2023

ORGANIZADOR
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
INNOVATE:
ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL 3
Atena
Editora
Ano 2023

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Thamires Camili Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Innovate: Engenharia sanitária e ambiental 3

Diagramação: Luiza Alves Batista
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

I58 Innovate: Engenharia sanitária e ambiental 3 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1717-0
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.170230109

1. Engenharia sanitária. 2. Engenharia ambiental. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

O e-book: “Innovate: Engenharia Sanitária e Ambiental 3” é constituído por quatro capítulos de livro que investigaram questões relacionadas a saneamento básico e preservação de recursos hídricos.

O primeiro capítulo abordou a contextualização em relação às perdas de água que ocorrem nos sistemas públicos de abastecimento, bem como enfatizar a necessidade de adoção de medidas estruturantes a serem contempladas na elaboração, implantação e desenvolvimento do Plano de Saneamento Básico que inclua: controle de perdas de água, medidas de racionamento e eficiência energética como ações a serem implementadas.

O segundo capítulo realizou uma análise no sistema de abastecimento de água (SAA) localizado no bairro Taboca, no município de Floriano/PI. O diagnóstico realizado pelos pesquisadores apontaram falhas no sistema de fluxo de água, que origina as faltas de abastecimento do recurso hídrico no bairro.

O terceiro capítulo apresenta um estudo que avaliou a qualidade da água do Rio Buranhém/Bahia, por intermédio do Índice de Qualidade de Água (IQA) mensurado a partir de amostras coletadas em quatro estações fluviométricos, que avaliou nove parâmetros de qualidade da água. Os resultados apontaram que fósforo total e coliformes termotolerantes não atenderam os limites previstos na Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2.

Por fim, o quarto capítulo apresentou um levantamento da literatura em relação à potencialidade de produzir biofertilizante, biogás e energia elétrica a partir de dejetos suínos provenientes da suinocultura. Entretanto, a própria literatura aponta que a falta de assistência/orientação técnica por parte do poder público, impossibilita que os produtores de suínos tenham acesso ao conhecimento necessário para um melhor manejo, gerenciamento e aproveitamento dos dejetos suínos.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países, a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1

CONTROLE DE PERDAS DE ÁGUA E RACIONALIZAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA COMO MEDIDAS ESTRUTURANTES A SEREM CONSIDERADAS EM PLANOS E PROGRAMAS DE SANEAMENTO BÁSICO

Data de aceite: 30/08/2023

Luiz Roberto Santos Moraes
Universidade Federal da Bahia/Escola Politécnica/Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento

RESUMO: O artigo tem como objetivos contextualizar as perdas de água nos sistemas públicos de abastecimento, bem como enfatizar a importância de medidas estruturantes a serem contempladas na elaboração e implementação de Plano e Programa de Saneamento Básico, incluindo o controle de perdas de água e medidas de racionalização e eficiência energética como importantes ações estruturantes de apoio à prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. Trata-se de trabalho do tipo descritivo, elaborado a partir de revisão bibliográfica, bem como do conhecimento, experiência e visão crítica do autor sobre o tema. A ausência de plano de saneamento básico e de programa com estabelecimento de medidas estruturantes, incluindo o controle de perdas de água e medidas de racionalização e eficiência energética, pode resultar em elevados índices de perdas de água dos sistemas públicos, bem como a baixa racionalização e eficiência energética na área de saneamento básico no País, gerando prejuízo econômico-financeiro, ambiental e social para o Poder Público, prestadores e usuários dos serviços.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento básico, medidas estruturantes, controle de perdas de água, racionalização e eficiência energética.

CONTROL OF WATER LOSSES AND RATIONALIZATION AND ENERGY EFFICIENCY AS STRUCTURING MEASURES TO BE CONSIDERED IN BASIC SANITATION PLANS AND PROGRAMS

ABSTRACT: The article aims to contextualize water losses in public supply systems, as well as to emphasize the importance of structuring measures to be considered in the preparation and implementation of a Basic Sanitation Plan and Program, including the control of water losses and rationalization measures and energy efficiency as important structuring actions to support the provision of public water supply and sewage services. This is a descriptive work, based on a literature review, as well as the author's

knowledge, experience and critical view on the subject. The absence of a basic sanitation plan and a program with the establishment of structuring measures, including the control of water losses and rationalization and energy efficiency measures, can result in high rates of water loss from public systems, as well as low rationalization and energy efficiency in the area of basic sanitation in the country, generating economic-financial, environmental and social losses for the Government, service providers and users.
KEYWORDS: Basic sanitation, structuring measures, water loss control, rationalization and energy efficiency.

INTRODUÇÃO

Em pesquisa realizada sobre os modelos de gestão de serviços públicos de saneamento básico no Brasil, em uma amostra de 295 municípios de até 50 mil habitantes localizados nas diferentes macrorregiões do País, Moraes *et al*. (2017) estudaram as relações entre a existência de atividades de controle de perdas e regularidade no fornecimento de água, sendo verificado que existem diferenças estatisticamente significativas ($p<0,05$). Analisando os dados verificou-se que onde houve a indicação do desenvolvimento de mais de uma atividade de controle de perdas, o fornecimento de água foi considerado pelo gestor como ótimo ou bom (70,8% dos municípios). Por outro lado, quando não existiam ações de controle ou foram realizadas outras atividades esse percentual diminuiu para 43,6% dos municípios.

Também foi observada na referida pesquisa uma relação estatisticamente significante entre a condição de micromedição nos serviços públicos de abastecimento de água e a regularidade da distribuição de água ($p<0,05$). A maior parte dos municípios onde a regularidade da distribuição de água foi considerada ótima a boa a condição de micromedição também foi avaliada como de ótima a boa.

Os resultados sugerem que as ações que os prestadores dos serviços direcionam ao controle de perdas também contribuem para a regularidade na distribuição de água, embora essas ações fossem ainda tímidas e não consideradas estruturantes nos programas estabelecidos pelo gestor municipal e/ou prestador do serviço.

Segundo Martins *et al*. (2016), a participação das despesas com energia elétrica em sistemas públicos de abastecimento de água no País tem aumentado nos últimos anos, devido ao aumento da demanda de água e sistemas precários que não acompanharam esse crescimento, bem como a ineficiência do uso da energia elétrica em grande parte relacionada aos elevados índices de perdas de água nas redes de distribuição e as condições de perda de carga elevada.

É notório no País a ainda elevada perda de água nos sistemas públicos de abastecimento de água, bem como a baixa adoção de medidas de racionalização e eficiência energética nos sistemas públicos de saneamento básico, embora com algumas melhoras após o advento do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel).

A preferência histórica adotada no País de ampliar a capacidade de produção dos sistemas de abastecimento de água por meio de onerosas obras de expansão, em detrimento dos programas de controle e redução de perdas de água e de desenvolvimento operacional, necessita ser urgentemente modificada, pois estes últimos poderiam gerar os mesmos benefícios, a custos substancialmente inferiores, enquanto que a ampliação do sistema mantém ou poderá aumentar o índice de perdas (MARTINS *et al.*, 2016).

Assim, o presente artigo tem como objetivo enfatizar a importância de medidas estruturantes a serem contempladas na elaboração e implementação de Plano e Programa de Saneamento Básico, incluindo o controle de perdas de água e medidas de racionalização e eficiência energética como importantes ações estruturantes de apoio à prestação dos serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo, do tipo revisão bibliográfica integrativa e crítica, sobre a produção técnico-científica e pesquisa documental (legislações, normas, guias) relacionadas ao controle de perdas de água e medidas de racionalização e eficiência energética em serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Este método permite a síntese de estudos publicados e possibilita conclusões gerais à respeito de uma particular área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Eficientização integrada de água e energia

Existem muitas oportunidades para alavancar iniciativas de eficientização integrada de água e energia. Segundo EPA (2008, p. 10), essas oportunidades incluem:

- Desenvolver equipamentos que economizem água e energia, além de promover programas de incentivo do seu uso.
- Integrar oportunidades de economia de água e energia em residências, além do reaproveitamento do uso da água quando possível.
- Integrar oportunidades de economia de água em estabelecimentos comerciais e governamentais, assim como, programas de manutenção e assistência técnica.
- Enfocar a eficiência de água e energia nos sistemas de abastecimento públicos e industriais.

Segundo EPA (2008), tem-se como fundamental que o uso racional da água pode promover a redução nos custos de energia elétrica.

Assim, tem-se a necessidade de se fomentar ações para uma utilização eficiente da água, as quais podem ser realizadas por intermédio de programas de conservação/ uso racional, concebidos considerando os vários usos da água. Tal programa não deve ser realizado de forma isolada, sendo fundamental a interface entre ações de controle de perdas, reabilitação e conservação de mananciais, coleta e tratamento de esgoto, reuso da água, incentivo ao emprego de medição individualizada nos condomínios verticais e a busca da eficiência energética nos sistemas (SOBRINHO, 2012).

Tsutiya (2004) considera que os principais benefícios decorrentes de um programa de eficientização de água e energia são:

- Disponibilizar mais água, para atender maior número de usuários.
- Evitar ou postergar a necessidade de investimentos na captação de água em mananciais cada vez mais distantes das concentrações urbanas.
- Diminuir os investimentos para atender as demandas de horários de pico.
- Reduzir a contribuição dos esgotos a serem coletados e tratados e, em consequência, diminuir os custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário.
- Diminuir o consumo de energia elétrica.

De acordo com Gonçalves (2009), o sucesso de qualquer programa de controle de perdas de água e de eficiência energética depende de um sistema de gestão permanente e eficaz que compreenda ações de base, tais como: operacional, institucional, educacional e legal.

Essas ações promovem o controle das perdas de água e melhoram a eficiência energética objetivando:

- Incremento de receitas.
- Redução dos custos de produção.
- Redução das despesas com energia elétrica.
- Postergação dos investimentos.
- Satisfação dos clientes (SOBRINHO, 2012).

Com base em EPA (2008) e diante do aumento das demandas de água nos sistemas, aliado à necessidade de redução nos gastos com energia elétrica, considera-se que os aspectos que envolvem a questão da eficiência no uso da água e energia devem ser sempre analisados de forma associada.

Perdas em sistemas de abastecimento de água

A perda de água é considerada como um dos principais indicadores de desempenho operacional dos prestadores de serviço público de abastecimento de água. As perdas ocorrem em todos os componentes de um sistema de abastecimento de água, desde a

captação até a distribuição, entretanto, a magnitude dessas perdas depende de cada unidade (ReCESA, 2008).

A universalização do acesso à água em condições de potabilidade, com implantação e manutenção de uma infraestrutura capaz de atender de maneira adequada e otimizada a demanda dos grandes centros urbanos é o grande desafio dos prestadores de serviço público de abastecimento de água, para as próximas décadas. O controle das perdas nos sistemas de abastecimento de água, somado a projetos apropriados e ao uso racional da água pela população, são instrumentos fundamentais para a sustentabilidade dos recursos hídricos (SOBRINHO, 2012).

Em uma visão econômica, as perdas de água nos sistemas de abastecimento público geram um desperdício dos recursos públicos aplicados, sendo normalmente este dispêndio repassado para o usuário. A redução dos gastos referentes às perdas propiciaria um maior aproveitamento do sistema existente, direcionando a aplicação dos recursos economizados para melhorias necessárias (SOBRINHO, 2012).

Assim, torna-se importante ressaltar que o controle das perdas de água em sistemas de abastecimento público é uma necessidade, pois os volumes não contabilizados não são faturados. A quantificação das perdas é de suma importância para os prestadores de serviço no que diz respeito à eficiência de distribuição de água, além de aspectos econômicos e ambientais (SOBRINHO, 2012).

No sistema de abastecimento de água, da captação, passando pela distribuição até o consumidor final ocorrem perdas de água de vários tipos, causados em grande parte pela operação e manutenção deficientes das tubulações e pela inadequada gestão comercial dos prestadores de serviço público de abastecimento de água (SOBRINHO, 2012).

Miranda (2002) considera como principais fatores para o elevado índice de perdas de água dos prestadores de serviço público de abastecimento de água:

- Baixa capacidade institucional e de gerenciamento dos sistemas.
- Pouca disponibilidade de recursos para investimentos em ações de desenvolvimento tecnológico na rede de distribuição e na operação dos sistemas.
- Cultura do aumento da oferta e do consumo individual, sem preocupações com a conservação e o uso racional.
- Decisões de ampliação da carga hidráulica e extensão das redes até áreas mais distantes dos sistemas, para atendimento aos novos consumidores, sem os devidos estudos técnicos de engenharia.

Do ponto de vista conceitual existem dois tipos de perdas (PNCDA, 2007):

- **Perdas reais** - é toda a água que vaza no sistema, exceto nas instalações dos usuários. Também chamadas de perdas físicas. Essas perdas são decorrentes do rompimento em tubulações e de trincas estruturais e fissuras nas impermeabilizações de reservatórios.

- **Perdas aparentes -** refere-se a toda água que não é medida ou que não tenha o seu uso definido. Também chamadas de perdas não-físicas. Essas perdas são relacionadas às ligações clandestinas e/ou irregulares, fraudes nos hidrômetros, erros de micromedição e macromedição, erro cadastral (desatualização do cadastro, ligações inativas, ligação não cadastrada), erro de leitura etc.

De acordo com Miranda (2006), é importante identificar e quantificar as perdas antes de se iniciar qualquer ação de controle.

Segundo Gomes e Moraes (2007, p.3), os projetos de gestão integrada de perdas de água e uso eficiente de energia devem:

> Fortalecer os mecanismos de controle operacional e manutenção hidráulica por meio de intervenções físicas, com disponibilização de equipamentos, além de desenvolver tecnologias de gerenciamento integrado das perdas reais e aparentes de água e o uso eficiente de energia elétrica por meio da mobilização e qualificação das pessoas, particularmente induzindo novas posturas gerenciais e utilização de modelos hidráulicos calibrados como ferramenta do planejamento e controle operacional.

Segundo PMSS (2007), o gerenciamento integrado de perdas de água e energia só pode ser construído a partir de uma gestão participativa, com a qualificação das pessoas, a incorporação de modernas tecnologias e o desenvolvimento da capacidade de mobilizar os funcionários do prestadores de serviços e a comunidade usuária dos sistemas.

Algumas medidas que devem ser adotatas pelos prestadores de serviços públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos seus processos visando elevar o potencial de eficientização são (PMSS, 2007):

- Cálculo rotineiro das perdas reais, perdas aparentes e balanço hídrico, nos moldes concebidos pela Iinternational Water Association.
- Gerenciamento das perdas por setor de abastecimento, com as técnicas de controle e redução de perdas integradas à rotina da operação e manutenção, sem a necessidade de um órgão de destaque para esta função.
- Operação do sistema de abastecimento de água com base no conhecimento dos parâmetros do sistema em contraposição à operação empírica.
- Uso eficiente de energia elétrica nos bombeamentos.
- Gestão integrada e participativa (meios: comitê gestor, mobilização etc.).
- Uso de ferramentas para o cálculo realista de tarifas considerando a demanda de investimentos no sistema (atual e futura) e a necessidade de controlar perdas.

Para o desenvolvimento de um programa bem sucedido de gerenciamento de água e energia, a ASE (2002, p.15) apresenta oito características. São elas:

1. Gerenciamento em nível máximo de comprometimento.
2. Metas de redução de energia claramente definidas.

3. Comunicação das metas entre todos os níveis do prestador.
4. Divisão das responsabilidades do projeto entre níveis apropriados.
5. Formulação e pesquisa de um sistema de medição do uso da energia.
6. Identificação de todos os projetos numa base contínua.
7. Adoção de critérios de investimentos no projeto, refletindo os riscos e os retornos do mesmo.
8. Reconhecimento e recompensa da equipe quando houver o alcance das metas.

Uma das mais recentes maneiras de financiar projetos de eficientização de água e energia, em se tratando de prestadores de serviço público de abastecimento de água, é a elaboração de contratos de performance ou contratos de desempenho, ou comumente chamados de "contratos de risco". Nesses contratos os bens e serviços associados ao projeto são pagos a partir do lucro acumulado advindo a partir dele, permitindo aos prestadores de serviço poder realizar investimento em melhorias, sem necessariamente incorrer em qualquer custo inicial (SOBRINHO, 2012).

Os contratos de performance são diferentes dos contratos tradicionais, sendo a contratada compensada com base na economia real, resultante do projeto implementado de água e energia, em lugar de um preço contratual fixo (ASE, 2007).

No caso de contratos para controle de perdas de água alguns serviços podem ser executados:

- Estudos para redução de pressão.
- Determinação e medidas de economia de água.
- Acompanhamento do balanço hídrico.
- Manutenção de vazamentos em redes e ramais.
- Serviços comerciais como corte por inadimplência, negociação com o cliente etc.
- Implantação/substituição de hidrômetros (SOBRINHO, 2012).

Considerando os projetos de eficientização energética os seguintes serviços podem ser desenvolvidos:

- Cálculo do consumo de energia necessária com base no consumo de água.
- Determinação e medidas de economia de energia.
- Projetos de eficiência energética.
- Concepção, instalação e manutenção dos equipamentos de maior eficiência energética (SOBRINHO, 2012).

BALANCEAMENTO ENTRE MEDIDAS ESTRUTURAIS E MEDIDAS ESTRUTURANTES NO ESTABELECIMENTO DE PROGRAMAS

Um importante elemento que pode ser orientador de programas é o adequado balanceamento entre medidas estruturais e **medidas estruturantes**, com a valorização destas últimas, premissa central para a lógica dos investimentos planejados no âmbito de um Plano de Saneamento Básico. Para este efeito, adota-se o entendimento de que medidas estruturais compreendem os tradicionais investimentos em obras, com intervenções físicas relevantes nos territórios, para a conformação das infraestruturas físicas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana e manejo de águas pluviais. Por **medidas estruturantes** são entendidas aquelas que fornecem suporte político e gerencial para a sustentabilidade da prestação dos serviços. Encontram-se tanto na esfera do aperfeiçoamento da gestão, em todas as suas dimensões, quanto na da melhoria cotidiana e rotineira da infraestrutura física (HELLER; RODRIGUES, 2011).

Por exemplo, o Plano Nacional de Saneamento Básico-Plansab, em vigência desde 2014, projeta uma gradativa transição entre medidas estruturais e **estruturantes**, conforme mostrado na Figura 1.

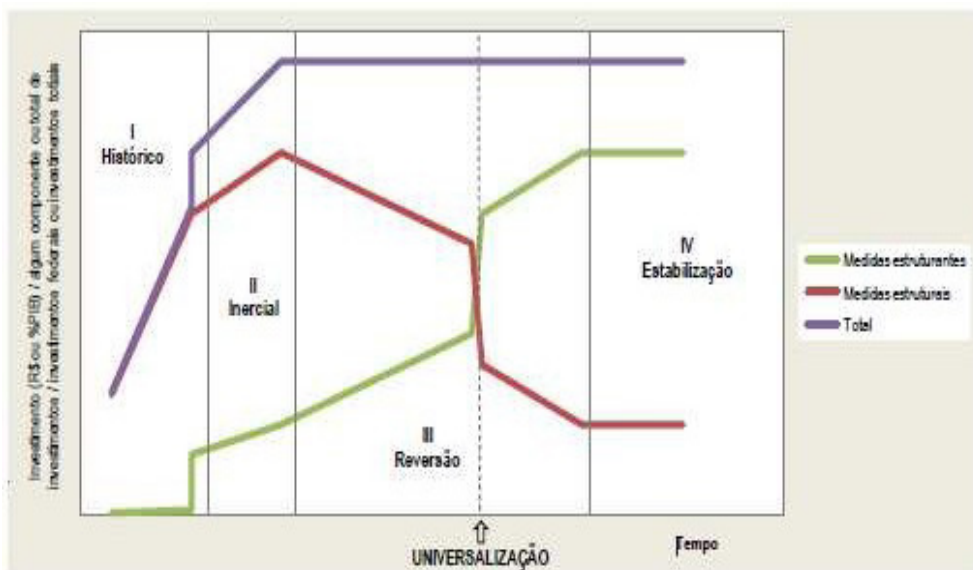



Figura 1: Evolução temporal dos investimentos em medidas estruturais e estruturantes.

Fonte: Heller; Rodrigues (2011).

Conforme pode se observar, defende-se que as medidas estruturais se mantenham importantes, até o alcance da universalização – este momento pode ser raciocinado para cada componente ou para o conjunto dos quatro componentes do saneamento básico

– porém com o crescente fortalecimento das **medidas estruturantes**, que lhe dariam sustentação. Após a universalização do atendimento populacional, que ocorreria em sua totalidade após o período de alcance do Plano, as medidas estruturais far-se-iam necessárias, principalmente para a substituição de sistemas obsoletos ou a adequação dos sistemas a novos padrões de qualidade sanitária e ambiental, portanto, em montante possivelmente inferior ao do período anterior. Verificam-se, portanto, quatro momentos: o histórico, no qual tem prevalecido a lógica de priorização das medidas estruturais; o inercial, em que ainda haverá forte influência da lógica histórica; o da reversão, quando passa a haver progressiva ênfase às medidas estruturantes; e o da estabilização, posteriormente à universalização. Observe-se que, no período de planejamento, é projetada certa estabilização dos investimentos totais após os primeiros anos, podendo se raciocinar que esta estabilização ocorreria em termos de proporção do PIB investido em saneamento básico (HELLER; RODRIGUES, 2011).

Deve-se registrar, no entanto, que a observância de cada um dos princípios estabelecidos nas diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2007, 2020), ou da concepção para o balanceamento dos investimentos não conduz a lógicas necessariamente excludentes para os diferentes programas, embora a priorização de cada um deles possa conduzir a modelos muito diferentes. Por outro lado, essa organização e seus recortes supõem balancear dois elementos: as variáveis produtoras dos recortes e as variáveis produtoras de prioridades. Assim, por exemplo, analisando duas variáveis – divisão territorial e focalização – pode-se tanto organizar os programas segundo portes populacionais (como regiões metropolitanas, cidades de pequeno porte) e, no interior de cada programa haver critérios para a priorização de população vulnerável, como o contrário: programas segundo áreas de focalização e prioridades segundo portes populacionais.

Apresenta-se a seguir uma breve descrição do que seria um Programa Saneamento Estruturante, que requererá detalhamento, inclusive do conjunto de ações a serem nele incluídas. É importante destacar ainda que deverá exercer papel essencial, na operação dele, um minucioso e apropriado modelo para a seleção e hierarquização das demandas, de tal forma a assegurar maior racionalidade na escolha dos projetos e ações a serem contempladas.

O PROGRAMA SANEAMENTO ESTRUTURANTE DO PLANSAB

Concepção: o foco do Programa seria o apoio à gestão pública dos serviços, visando criar condições de sustentabilidade para o adequado atendimento populacional, incluindo a qualificação da participação social e seu controle social sobre os serviços. Ênfase será conferida à qualificação dos investimentos públicos, otimizando os benefícios à população advindos da aplicação dos recursos e a maior eficiência e efetividade das medidas estruturais. O Programa pretenderia cumprir papel estratégico na política de

saneamento básico, na medida em que se volta para carência observada, fortemente limitadora dos benefícios populacionais das intervenções. Estabelece um conjunto de medidas, distribuídas em quatro diferentes ações: ações estruturantes de apoio à gestão; **ações estruturantes de apoio à prestação de serviços**; ações estruturantes de capacitação e assistência técnica; ações para o desenvolvimento científico e tecnológico. Uma tarefa inicial na sua formulação será justamente tornar mais claro o elenco de medidas a serem incluídas e a forma de apoio financeiro. O Programa atenderia solicitações de um conjunto amplo de medidas, com o olhar para o território municipal e para a integralidade das ações de saneamento básico. Seriam priorizados pedidos que prevejam a implantação planejada deste conjunto de medidas, preferencialmente mediante um pacote de apoios com duração plurianual, com avaliações anuais intermediárias (HELLER; RODRIGUES, 2011).

O Programa teria por objetivos: financiar medidas estruturantes para o saneamento básico municipal, visando à melhoria da gestão e da prestação pública de serviços, bem como medidas de assistência técnica e capacitação e ações de desenvolvimento científico e tecnológico em saneamento básico.

A coordenação do Programa seria atribuída ao órgão responsável pela implementação da política de saneamento básico, que deverá compartilhar sua execução com outros órgãos afins ao tema, promovendo-se sua articulação com os programas estruturais, e o órgão responsável por Ciência, Tecnologia e Inovação especificamente para a quarta ação, relacionada ao desenvolvimento científico e tecnológico, sendo estabelecido um modelo integrado de gestão.

O Programa requer uma gestão bem concebida e eficiente. Para tanto, poderia ser adotada a experiência da *sala de situação* que foi adotada para a monitorização continuada quando da implementação do então Programa de Aceleração do Crescimento-PAC, a ser estruturada para o desenvolvimento da coordenação do Programa, da integração entre os atores institucionais responsáveis pelas ações, a integração com a política de saneamento básico e a seleção de projetos e ações. Articulações da gestão com a instância de controle social (p.ex.: o Conselho das Cidades-ConCidades/Comitê Técnico de Saneamento Ambiental, extinto em 2019, pelo governo federal 2019-2022 e recriado pelo atual governo) deveriam ocorrer sistematicamente, para assegurar transparência às decisões e controle social da alocação e aplicação dos recursos.

Público-alvo: o perfil dos beneficiários seria conforme a ação específica, a saber: ações estruturantes de apoio à gestão serão destinadas aos titulares, consórcios e outras modalidades de gestão, bem como à sociedade civil, em ações voltadas para a capacitação de conselheiros; ações estruturantes de apoio à prestação de serviços serão voltadas para os prestadores públicos; ações estruturantes de capacitação e assistência técnica apoiarão gestores e prestadores públicos; ações de desenvolvimento científico e tecnológico destinar-se-ão a entidades de pesquisa.

A submissão e seleção de projetos: a submissão de projetos, no âmbito de cada ação do Programa, seria realizada pelo órgão responsável pelo saneamento básico, estabelecendo-se entrada única. Os pedidos, após análise de seu enquadramento, serão remetidos para a *sala de situação*, que procederá à sua hierarquização, com base em critérios pré-estabelecidos, a serem definidos. No caso das duas primeiras ações, seriam considerados pedidos segundo dois estágios: município que não tenha ainda Plano Municipal de Saneamento Básico aprovado em sua jurisdição será apoiado para a elaboração do Plano; município que já tenha a aprovação do respectivo Plano receberá apoio para a implementação de medidas orientadas pelo Plano e, se necessário, para sua atualização.

Fonte de recursos: o Programa seria operado principalmente com recursos não-onerosos, não se descartando o aporte de recursos onerosos. Para a ação de desenvolvimento científico e tecnológico, recursos dos fundos setoriais e do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação poderão ser agregados.

São concebidas quatro diferentes ações para o Programa:

- Ações estruturantes de apoio à gestão: incluirão, entre outras medidas, a concepção de política e a elaboração de plano municipal de saneamento básico; a implementação e o aperfeiçoamento da regulação e das atividades de fiscalização; a implantação de mecanismos de participação e controle social, incluindo o fomento à capacitação de conselheiros, agentes de saúde, agentes comunitários e lideranças comunitárias; investimentos na recuperação dos prestadores públicos dos serviços de saneamento básico; estudos sobre a implementação de políticas e gestão municipais; estudos visando à intersetorialidade no nível municipal; estruturação de consórcios; implementação de parcerias público-público; implantação de sistemas de informação; implantação de sistemas de avaliação e monitorização.

- **Ações estruturantes de apoio à prestação de serviços**: incluirão apoio para a elaboração de projetos; preparação de solicitação de financiamento; sistemas tarifários e de cobrança; sistema comercial; cadastros físicos e comerciais; **controle de perdas de água e medidas de racionalização e eficiência energética**; proteção de mananciais; controle da qualidade da água para consumo humano; revalorização de soluções individuais para o esgotamento sanitário; medidas para separação de correntes de efluentes; medidas para redução da emissão de gases de efeito estufa; mecanismos de desenvolvimento limpo; programas de redução da geração de resíduos sólidos, coleta seletiva e reciclagem; medidas não estruturais para o manejo de águas de chuva nas cidades, com ênfase para a retenção; sistemas de monitorização e alerta contra enchentes.

A prática no abastecimento de água segue a lógica de fornecer água tratada, usá-la e descartá-la como esgoto (99,9% de água e 0,1% sólidos), com padrões de consumo elevados (*per capita* de projeto, descarga de vaso sanitário de 5 a 20 litros, utilização

de máquina de lavar, tempo excessivo de uso do chuveiro) e utilizando a água de forma perdulária (SILVA *et al*., 2014).

Os sistemas convencionais de abastecimento de água, em geral, apresentam alto consumo de energia e elevadas perdas físicas de água, sendo que o padrão de qualidade da água tem sido único para todos os usos. Os mananciais utilizados tem sido os superficiais e subterrâneos. A água meteórica, ou seja, a água de chuva, principalmente, nas cidades, vem sendo considerada como esgoto pluvial e as águas utilizadas são, em geral, descartadas (SILVA *et al*., 2014).

Porém, segundo Silva *et al*. (2014), as tendências de mudanças indicam para: a minimização dos padrões de consumo de água; a revisão da lógica de veiculação hídrica para o descarte da matéria sólida; a medição de consumo de água individualizada; o uso de água de chuva como manancial (nas áreas rurais e urbanas); o reúso-ciclo fechado de matéria e energia; e diversas medidas relacionadas à conservação da água.

No que diz respeito a essas medidas, podemos citar: a adoção de programa de controle de perdas e de energia que deve envolver a ampliação da macromedição e micromedição; o controle de vazamentos e de pressões na rede de distribuição de água, aferição e/ou substituição de hidrômetros, setorização, monitorização, dentre outros; o apoio à revisão das estruturas tarifárias dos serviços, visando garantir o consumo adequado para a saúde e desestimular altos consumos e desperdícios; o estímulo ao uso de aparelhos e peças hidrossanitárias de baixo consumo, o que envolve o desenvolvimento de tecnologias que venham baratear tais equipamentos e a implementação de normas técnicas e de programas de educação sanitária e ambiental; o estímulo às práticas de conservação da água em domicílios, com o conserto de vazamentos, desestímulo ao desperdício, uso de vaso sanitário de descarga reduzida, dentre outros; a adoção da medição individualizada em prédios e apartamentos, com a definição de exigências legais e normas técnicas; a adoção de práticas de reuso de água; a promoção de programas de educação sanitária e ambiental para uma nova cultura de manejo da água, envolvendo o ensino formal, a população em geral e aquela que é beneficiada por projetos de saneamento básico; o desenvolvimento de tecnologias e a disseminação da prática de captação de água de chuva para usos menos nobres, inclusive em áreas urbanas e em espaços públicos e privados (estacionamentos, casas, condomínios, apartamentos), com definição de exigências legais e normas técnicas.

- Ações estruturantes de capacitação e assistência técnica serão concebidas para o aporte de assistência técnica para gestores e prestadores e incluirão um programa de capacitação, que poderá ser similar ao da então Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental-ReCESA, implementada pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades.

- Desenvolvimento científico e tecnológico visará criar programa específico de pesquisas em saneamento básico, de forma induzida, convocando as entida-

des de pesquisa local, regional e nacional a contribuírem nos temas científicos e tecnológicos requeridos para a execução do Plano de Saneamento Básico (HELLER; RODRIGUES, 2011).

Devem manter consistência com os objetivos e a metodologia apresentada. Devem ainda ser apresentadas as principais contribuições do trabalho como, por exemplo, para a engenharia sanitária e ambiental, para o aprimoramento das políticas públicas de saneamento, para a gestão dos serviços, envolvendo o planejamento, a regulação, a fiscalização, a apresentação e a participação e controle social, para a melhoria de programas e projetos, com vistas a contribuir para ações e serviços públicos de saneamento básico de qualidade para todos, entre outros.

CONCLUSÃO

A ausência de elaboração e implementação de plano de saneamento básico e de programa com estabelecimento de medidas estruturantes, incluindo o controle de perdas de água e medidas de racionalização e eficiência energética, contribui para os elevados índices de perdas de água dos sistemas públicos, bem como para a baixa racionalização e eficiência energética nos sistemas públicos de abastecimento de água e de esgotamento sanitário no País, gerando prejuízo econômico-financeiro, ambiental e social para o Poder Público, prestadores e usuários dos serviços.

Essa situação vem sendo modificada com a implementação do Procel, das Leis n. 11.445/2007 e n. 14.026/2020, de seus decretos regulamentadores, e do Plansab, embora quanto a este último, a prioridade continue sendo a implementação das medidas estruturais propostas e não das medidas estruturantes. A exigência de elaboração e implementação, com a participação e controle social, de Plano Municipal de Saneamento Básico, com os seus programas, projetos e ações de curto, médio e longo prazos, contemplando **medidas estruturantes**, poderá mudar o rumo no País no que diz respeito também à ênfase dada às ações de controle de perdas de água e racionalização e eficiência energética nos serviços públicos de saneamento básico, principalmente nos de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

REFERÊNCIAS

ASE. **Watergy:** taking advantage of untapped energy and water efficiency opportunities in municipal water systems. Washington: Alliance to Save Energy, 2002.

ASE. **Watergy:** energy and water efficiency in municipal water supply and wastewater treatment – cost-effective savings of water and energy. Washington: Alliance to Save Energy, 2007.

BRASIL. **Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, n. 8.666, de 21 de junho de 1993, e n. 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei n. 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: https://www. planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 17 jul. 2023.

BRASIL. **Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei n. 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei n. 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei n. 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei n. 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Disponível em: https://www. planalto.gov.br/ ccivil_03/ _ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm. Acesso em: 17 de jul. 2023.

EPA. **Water and energy:** leveraging voluntary programs to save both water and energy. Washington: Environmental Protection Agency, 2008.

GOMES, A. S.; MORAES, H. T. N. Gerenciamento integrado de perdas de água e uso eficiente de energia elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2007. 1 CD-ROM.

GONÇALVES, R. F. **Uso racional de água e energia:** Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

HELLER, L.; RODRIGUES, L. A. Visão estratégica para o futuro do saneamento básico no Brasil. In: HELLER, L.; MORAES, L. R. S.; BRITTO, A. L. P.; BORJA, P. C.; REZENDE, S. **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**. 2011. v.6. Disponível em: http//www.cidades.gov.br/images/ sorties/ ArquivosSNSA/Plansab/PANORAMA_vol_6.pdf. Acesso em: 17 jan. 2013.

MARQUES, M. C.; KEMPKA, M.; KURITZA, J.; LOPES, R.; MACHADO, E. A.; MARZEC, E. P.; LOMBARDI, G.; AZAMBUJA, G. S.; CASTIGLIO, G.; LUNARDI, P. Z. Eficiência energética e hidráulica em saneamento. **Revista da Extensão da UFRGS**, n. 12, p. 22-26, jun. 2016.

MIRANDA, E. C. **Avaliação de perdas em sistemas de abastecimento de água –** indicadores de perdas e metodologias para análise de confiabilidade. 2002. 193f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília.

MIRANDA, E. C. Gerenciamento de perdas de água. In: Heller, L.; Pádua, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. p. 789-809.

MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C.; FIACCONE, R.; SILVA, M. M.; CHUNG, Y. B. **Modelos de Gestão de Serviços de Saneamento no Brasil**: Limites e Possibilidades. In: Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. 8º Caderno de pesquisa em Engenharia de Saúde Pública. Brasília: Funasa, 2017. p.107-163.

PMSS (**Programa de Modernização do Setor Saneamento**). Brasília: Ministério das Cidades. SNSA/PMSS, 2007.

PNCDA (Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. **Guias Práticos: técnicas de operação em sistemas de abastecimento de água**. Brasília: PNCDA, Volume 1 a 5. Ministério das Cidades/SNSA, 2007.

ReCESA (Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental) / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Abastecimento de água:** gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento, guia do profissional em treinamento: nível 2. Salvador, 2008. 139p.

SILVA, C.M.N.; COSTA, A. M.; MORAES, L.R.S.; FREITAS, C. M. **Saneamento:** Promoção da Saúde, qualidade de vida e susutentabilidade ambiental. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2014.

SOBRINHO, R. A. **Gestão das perdas de água e energia em sistemas de abastecimento de água da Embasa**: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. 2012. 238f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: ABES, 2004. 634p.

ESTUDO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NO BAIRRO TABOCA EM FLORIANO- PI

Data de aceite: 30/08/2023

Léia Raquel dos Santos Macedo
Faculdade de Floriano (FAESF)

Raynnara Santos Silva
Faculdade de Floriano (FAESF)

Francisco das Chagas Sá Cabedo Junior
Faculdade de Floriano (FAESF)

RESUMO: O sistema de abastecimento de água (SAA) é um dispositivo de extrema importância para o bem-estar da população. Muitos sistemas de abastecimento de água vêm apresentando deficiências, seja pelo elevado aumento na demanda nos últimos anos ou pela falta de manutenção adequada. Os aumentos nas interrupções no fornecimento de água são comuns, gerando a insatisfação de seus usuários. Diante dessa situação será feita uma análise no sistema do bairro Taboca em Floriano-PI, que resultará em um diagnóstico do sistema, com a intenção de mostrar as falhas existentes, observar quais intervenções foram feitas pela concessionária e sugerir melhorias para assim aprimorar o fluxo de água na região.
PALAVRAS-CHAVE: Sistema de Abastecimento de Água; Diagnostico; Falta de Água.

ABSTRACT: The water supply system (WAS) is an extremely important device for the well-being of the population. Many water supply systems have been showing deficiencies, either because of the high increase in demand in recent years or because of the lack of adequate maintenance. Increases in interruptions in water supply are common, generating dissatisfaction among its users. Faced with this situation, an analysis will be made of the Taboca neighborhood system in Floriano-PI, which will result in a system diagnosis, with the intention of showing the existing failures, observing which interventions were made by the concessionaire and suggesting improvements to thus improve the flow of water in the region.
KEYWORDS: Water Supply System; Diagnosis; Lack of water.

1 I INTRODUÇÃO

A água corresponde ao bem mais valioso do planeta, pois proporciona o equilíbrio de ecossistemas, o bem-estar

e a qualidade da população, por fim ela representa a origem da vida. Segundo Duque (2020), a importância de preservá-la se torna crucial, pois corresponde a substância mais abundante nos seres vivos atuando como um solvente universal, além de regularizar a temperatura corporal e mesmo ocupando dois terços do globo terrestre, menos de 3% podem ser utilizadas para o consumo humano desde que apresente um tratamento adequado, visto que a água encontrada na natureza apresenta impurezas, mesmo sendo de origem pluvial.

O gráfico a seguir mostra toda essa distribuição de água no planeta em diversos setores e serviços:

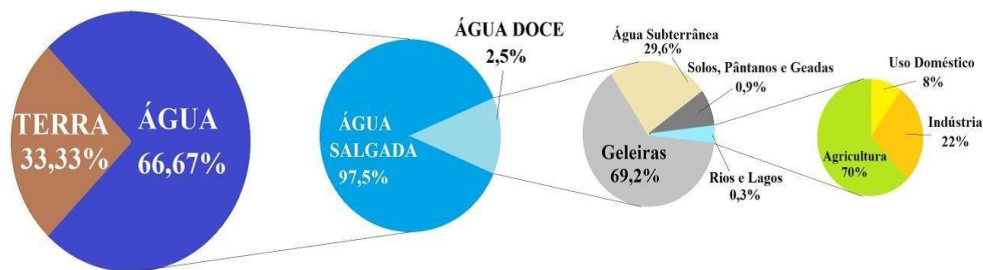



Figura 1 – Aplicação da Água no Planeta.

Fonte: Adaptado de Macêdo, 2016.

Para atender de maneira satisfatória os usuários do sistema público de abastecimento de água do bairro Taboca em Floriano-PI, os moradores buscam por melhorias no mesmo, que apresenta problemas com a falta de água ocasionando desconforto a população.

Esta pesquisa compreende em analisar a insuficiência no sistema público de abastecimento de água no bairro Taboca. Afinal, a prestação do serviço público de um sistema de abastecimento de água é fundamental para a saúde e bem-estar da população.

2 I SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um Sistema de Abastecimento de Água (SAA), segundo Vilas-Boas (2008), é caracterizado pela captação de água da natureza e posteriormente o tratamento da mesma, para que possa ser fornecida à população em quantidade compatível com as suas necessidades, como: consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros. É um sistema que coleta, trata, armazena e distribui água de uma fonte até o consumidor, independentemente de como será utilizada, respeitando os padrões de qualidade e potabilidade exigidos pela legislação vigente.

No entanto, para atender de forma satisfatória seus usuários, segundo a FUNASA (2004), o SAA tem que ser dimensionado levando em considerações fatores, como: quantitativo populacional, perspectiva de crescimento, distribuição, bem como as atividades

industriais da região para se estimar o volume de água necessário para atender a mesma durante vários anos.

Várias unidades compõem um sistema de abastecimento de água, entre elas estão:

1. **Captação:** a água bruta é captada em mananciais superficiais (barragens, rios, lagos, etc) ou subterrâneos (poços);
2. **Adução:** a água captada nos mananciais é bombeada até as ETAs (Estações de Tratamento de Água) para que possa ter tratamento adequado;
3. **Tratamento:** a água bruta é transformada em potável para que possa ser distribuída à população através de uma série de processos químicos e físicos;
4. **Reservação**: após o tratamento, a água é bombeada até reservatórios para que fique à disposição da rede distribuidora;
5. **Distribuição:** etapa do sistema em que a água é efetivamente entregue ao consumidor e pronta para consumo.

A figura 2 ilustra um diagrama dos componentes que compõem um sistema de abastecimento de água.

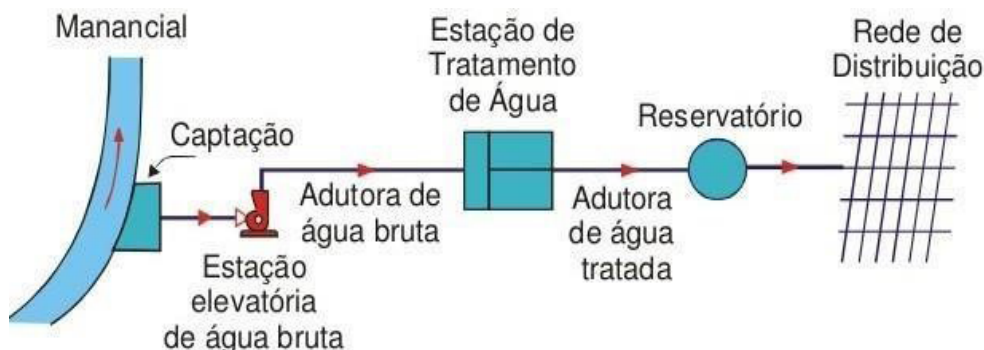



Figura 2 – Exemplo das partes que compõem um sistema de abastecimento.

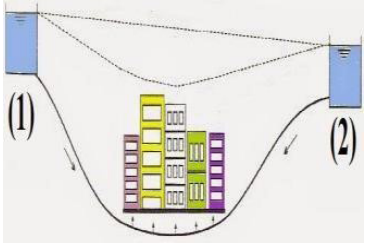
Fonte: TSUTIYA, 2006.

2.1 Captação

A captação é a designação para o conjunto de elementos construídos com intuito de extrair as águas provenientes de mananciais que podem ser subterrâneos, como é o caso das fontes, lençol freático ou lençol profundo; ou mananciais superficiais, como córregos, lagos, represas, rios, que se destinam ao abastecimento público. (AZEVEDO NETTO, 1998).

Heller e Pádua (2006) destacam que a escolha do manancial e a correspondente captação de suas águas refletem o êxito do sistema de abastecimento público, uma vez que a correta construção da captação e preservação do manancial proporcionam o suprimento necessário ao consumo.

2.2 Adução

A adução é um componente significativo do sistema de abastecimento de água, sendo fundamental sua manutenção, considerando que venha a ocorrer problemas, talvez o rompimento da mesma, implicando em períodos consideráveis de falta d'água aos usuários. Segundo Vilas-Boas (2008), o transporte de água do ponto de captação até à (ETA) e desta até os reservatórios é denominado por Adução; sendo que a primeira situação se refere a uma adução de água bruta e a segunda denomina-se por adução de água tratada.

2.3 Estação de tratamento de água

Em relação a ETA, este é o local onde ocorre o processo de tratamento da água para fins de potabilidade, através da remoção de resíduos sólidos, matéria orgânica e de contaminantes por meio de tratamentos específicos, como: coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção, correção de pH e fluoretação. Após passar pelo processo de tratamento a água é direcionada para os reservatórios local onde se dá seu armazenamento.

2.4 Reservatório

Os reservatórios são fundamentais para o sistema de abastecimento, pois tem a função de regularizar as vazões que recebem no sentido de equiparar a uma vazão média, armazenando o volume de água quando a demanda for inferior e provisionar vazão de água quando esta for acima da média. (TSUTIYA, 2006)

Deverão fornecer água mesmo havendo ruptura ou danos na adução, captação ou na ETA; poderão compatibilizar o volume esperado para reserva de incêndio e colaborar na regularização de pressão da rede.

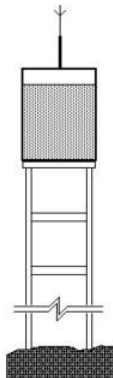
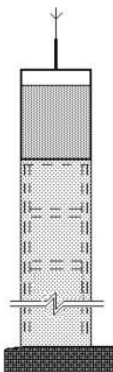
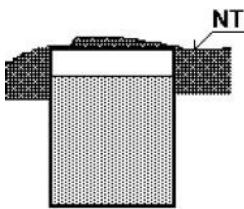
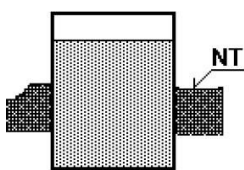
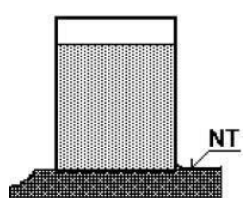
Classificação	Tipos	Localizado	Esquema
Localização	Montante	Situado antes da rede de distribuição e alimentado diretamente pela adutora de água tratada **(1)**	(1) (2)
	Jusante	Alimentado pela sobra de água das horas de menor consumo **(2)**	

Posição no terreno	Elevado	Apoiado em estruturas de elevação	
	Stand-Pipe	Estrutura de elevação embutida de modo a manter contínuo o perímetro da secção transversal da edificação	
	Enterrado	Completamente embutido no terreno	NT
	Semi-Enterrado	Altura líquida com uma parte abaixo do nível do terreno	NT
	Apoiado	Laje de fundo apoiada no terreno	NT

Tabela 1 – Reservatórios.

Fonte: SILVA, 2007.

Quanto ao volume de reservação ele é obtido a partir da soma de todos os volumes úteis das unidades de uma determinada zona de pressão, sendo que o volume útil se localiza entre o valor máximo e mínimo do reservatório. (HELLER e PÁDUA, 2006).

2.5 Rede de distribuição

Após a ocorrência dos procedimentos anteriores, falta realizar o transporte até os consumidores, através da rede de distribuição, no qual consiste de tubulações implantadas nas vias públicas ou passeios normalmente próximos a edificações conduzindo a água por meio das ligações prediais. As redes podem ser classificadas da seguinte forma:

Tipos	Funcionalidade	Esquema
Ramificada	Abastecimento realizado por um reservatório ou elevatória, conduzido por uma tubulação primaria e distribuindo diretamente para os condutos secundários.	Reservatório Ponta seca Rede principal Trecho Nó Rede secundária
Malhada	Constituídas por tubulações principais, com a intenção de abastecer qualquer ponto do sistema por mais de um caminho, permitindo uma maior flexibilidade em satisfazer a demanda e manutenção da rede, com mínimo de interrupção possível no fornecimento de água.	Formato de Espinha de Peixe Formato de Grelha
Mista	Rede Malhada + Rede Ramificada	Reservatório Rede malhada Rede ramificada

Tabela 2 – Distribuição.

Fonte: SILVA, 2007.

3 I MÉTODOS E ANÁLISES

A metodologia utilizada para elaboração do presente trabalho será um estudo de caso para obtenção dos dados fundamentais do diagnóstico, além da pesquisa bibliográfica, uma vez que esta possibilite acessar artigos publicados a respeito do tema proposto pela pesquisa e atenda os objetivos delineados.

O Município de Floriano fica situado na Zona do Médio Parnaíba, à margem direita do Rio Parnaíba, no estado do Piauí. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), a população estimada para o município no ano de 2020 corresponde a 60.025 pessoas e área de 3.409,647 km². A parte urbana do município é composta por vários bairros dentre ele a Taboca (destacado em vermelho na figura 3), sendo esse o local de estudo para pesquisa.

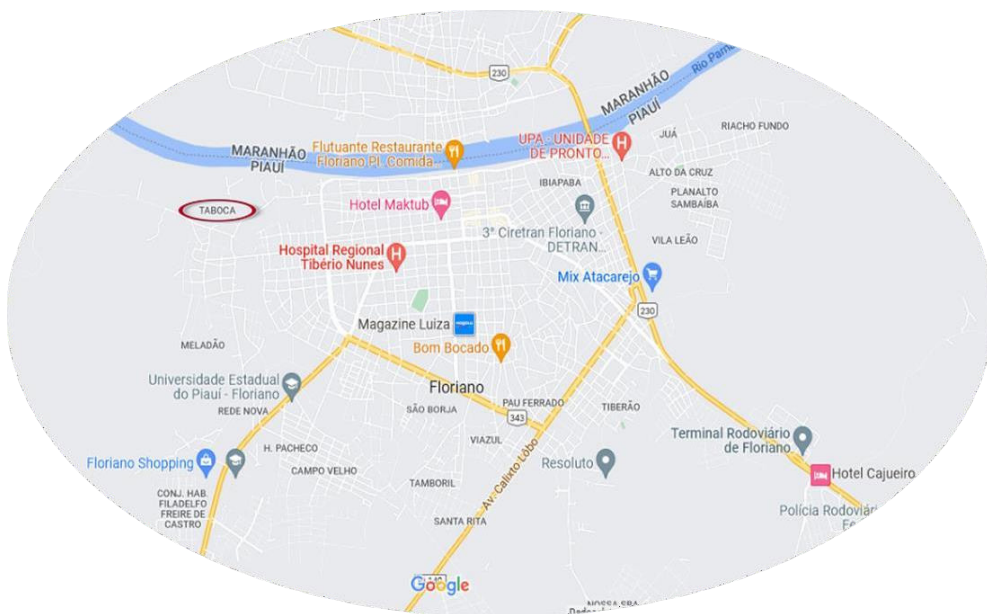



Figura 3 – Zona urbana do município de Floriano.

Fonte: Google Maps, 2023.

O procedimento metodológico apontado nesse estudo tem por base uma ampla pesquisa bibliográfica além de pesquisas de campo, essa sendo caráter exploratório, constituída de levantamento de dados no próprio local de estudo, a fim da elaboração de um diagnóstico sobre o sistema de abastecimento, de modo a obtermos uma resposta sobre a insuficiência de água na mesma.

Na pesquisa, a obtenção de dados acontece junto aos órgãos municipais e a empresa Águas e Esgotos do Piauí (AGESPISA), para obter registros, informações e projetos do sistema de abastecimento local.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para realizar os procedimentos de análise, primeiramente deve ter um conhecimento da rede de fornecimento de água do município, a fim de compreender exatamente qual reservatório abastece o bairro especificado do estudo. Nesse caso, algumas visitas foram realizadas na ETA para coletar de dados, tirar dúvidas e entender melhor a população atendida.

A busca pela coleta de dados na ETA revela informações perante o armazenamento de água em todo o município (tabela 3), gerando a seguinte imagem (figura 4), com o intuito de visualizar melhor todo trajeto na cidade:

Local de Captação	Tipo de Captação	Bairro de Armazenagem	Armazenagem	Capacidade (Litros)	Quantidade de Bairros Atendidos
Rio Parnaíba	Captação Flutuante	Via Azul	Reservatório Apoiado	23.000.000	15
		Alto da Guia		1.000.000	4
		Morro do Tiro	Reservatório Elevado	1.500.000	5
		Planalto Sambaíba		800.000	4
Lençol Freático	Poços Artesanais	Meladão		10.000	1
		Rede Nova			
		Conjunto Filadelfo			
		Conjunto Caiçara			

Tabela 3 – Reservatórios.

Fonte: Autoras, 2023.

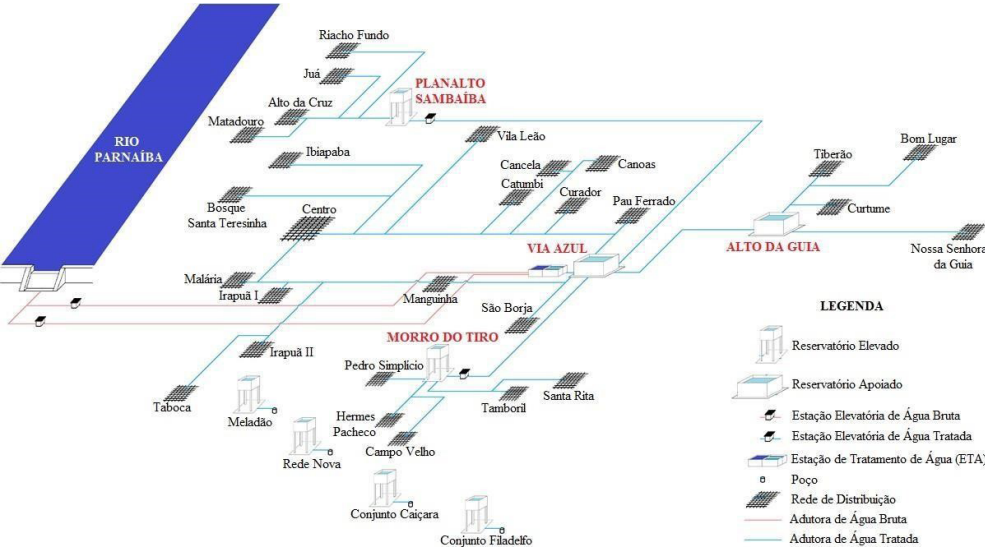



Figura 4 - Sistema de Distribuição da Água no Munícipio de Floriano - PI.

Fonte: Autoras, 2023.

Mediante aos problemas, a concessionaria responsável realizou uma intervenção, efetuando a troca da adutora antes de 60mm por outra de 150mm, em um trecho de 136,50m de extensão localizada na Av. Petrônio Portela.

Figura 5 – Avenida Petrônio Portela.

Fonte: Autoras, 2023.

Após ocorrer esta intervenção, foi monitorado com uma frequência de falta de água no bairro onde obteve-se os seguintes dados:

DATA	HORÁRIOS			DATA	HORÁRIOS		
	MANHÃ	TARDE	NOITE		MANHÃ	TARDE	NOITE
01/04/2023	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	16/04/2023	COM ÁGUA	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA
02/04/2023	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	17/04/2023	COM ÁGUA	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA
03/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	COM ÁGUA	18/04/2023	SEM ÁGUA	**SEM** ÁGUA	SEM ÁGUA
04/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	SEM ÁGUA	19/04/2023	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	SEM ÁGUA
05/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	COM ÁGUA	20/04/2023	COM ÁGUA	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA
06/04/2023	COM ÁGUA	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA	21/04/2023	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	COM ÁGUA
07/04/2023	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	22/04/2023	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA
08/04/2023	COM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	23/04/2023	COM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA
09/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	COM ÁGUA	24/04/2023	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA
10/04/2023	COM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	25/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	SEM ÁGUA
11/04/2023	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	COM ÁGUA	26/04/2023	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA
12/04/2023	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	27/04/2023	**SEM** ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA
13/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	COM ÁGUA	28/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	COM ÁGUA
14/04/2023	SEM ÁGUA	SEM ÁGUA	COM ÁGUA	29/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	SEM ÁGUA
15/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	COM ÁGUA	30/04/2023	COM ÁGUA	COM ÁGUA	COM ÁGUA

Tabela 4 - Frequência de falta de água no bairro Taboca.

Fonte: Autoras, 2023.

Nesse bairro nos deparamos com um sistema que vem apresentando falhas que pode ser devido a vários fatores como: erros de medição, vazamentos na rede, ligações clandestinas, ou até mesmo em virtude, do aumento da população atendida pelo mesmo reservatório.

Para reduzir essas perdas, as empresas de saneamento veem investindo em tecnologias, como sensores capazes de detectar vazamentos. As ligações clandestinas estão entre os maiores problemas que afetam o sistema de abastecimento, elas elevam o índice de perdas no sistema e prejudica a pressão e eficiência do abastecimento.

A alta demanda da população é também um problema, pois há uma possibilidade do sistema não ter sido dimensionado para atende-lá de maneira eficiente, e com o passar dos anos esse problema venha a se agravar, reforçando assim a necessidade da construção de um novo reservatório capaz de atender toda essa população.

5 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo foi elaborado partindo do anseio da população do bairro Taboca em Floriano– PI, em averiguar os motivos da falta de água todos os dias no local.

Com as informações explostas, notou-se que o sistema continua com um mal funcionamento mesmo após ter ocorrido a intervenção feita pela concessionária, portanto a implantação da nova tubulação não foi sufuciente para sanar este problema

As causa da insuficiência de água no sistema de abastecimento do bairro taboca podem ser várias, tanto por responsabilidade da concessionária como até mesmo pelos próprios moradores, fazendo ligações clandestinas. É notório a importância de uma solução eficaz que seja realizada pela concessionária, e também a colaboração dos moradores irregulares em cadastrar suas ligações, pois à não realização desse ato afeta toda a comunidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: **Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público**. Rio de Janeiro, 1994.

AZEVEDO NETTO, J.M.; ALVAREZ, G.A. **Manual de Hidráulica.** Editora Edgard Blücher. **7.** ed. São Paulo, 1986.

CARRIJO, I. B; FORMIGA, K. T. M.: SIQUEIRA, E.Q. Abastecimento de agua: usos de modelos e softwares de análise de redes. RECESA – Rede Nacional de Capacitarão e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental, 1. ed. Brasília, 2008.

DUQUE, N. **A Importância da Água para a nossa Vida**. 2020. Disponível em: < https://www.estudokids.com.br/a-importancia-da-agua/> Acesso em:16 de novembro de 2022. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. Manual de saneamento. Disponível

em:<http://www.funasa.gov.br/biblioteca-eletronica/publicacoes/engenharia-de-saude- publica> Acesso em: 12 de outubro de 2022.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano.** 1° Ed. Minas Gerais: UFMG, 2006.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de. **Abastecimento de Água para Consumo Humano.**

2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRÁFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censos demográficos 2010. Disponível em:<https://www.ibge.gov.br/> Acesso em:12 de outubro de 2022.

MACEDO, J. L. **Análise do Sistema de Abastecimento de Água de São Raimundo Nonato – Piauí da Companhia de Saneamento Básico sob o foco do Planejamento e Controle da Produção**. Dissertação (Mestrado), Universidade Paulista – UNIP, SP, 2016.

SILVA, L. D. B. **Saneamento Básico**. Notas de Aulas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, RJ, 2007.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água.** São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

VILAS-BOAS, P. R. Modelação de uma Rede de Distribuição de Água. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto. Porto, p. 67. 2008.

INTERFACES FOR APPLYING THE WATER QUALITY INDEX IN ANALYSES OF THE BURANHÉM RIVER, BAHIA

Data de aceite: 30/08/2023

João Gabriel de Moraes Pinheiro
http://lattes.cnpq.br/8724171843544330

Mauro de Paula Moreira
http://lattes.cnpq.br/8815201786989361

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the water quality data of the Buranhém River through the Water Quality Index (WQI). To characterize water quality, data were collected in 4 fluviometric stations using information from the hydrological data archive (Hidroweb) at the National Water Agency (ANA) website for the most recent year (2021). The tools used in this study included the nine water quality parameters: turbidity, total solids, hydrogen potential, temperature, biochemical oxygen demand, total nitrogen, dissolved oxygen, thermotolerant coliforms, and total phosphorus. The results showed that the variables total phosphorus and thermotolerant coliforms do not comply with the limits established by CONAMA Resolution 357/2005 for class 2 freshwaters. However, it was verified that the other variables complied with the Resolution. In a basin management plan, the discharge of phosphorus and coliforms into river waters can be avoided with specific measures and actions, such as the treatment of domestic sewage.

KEYWORDS: Buranhém River, Water Quality, Dissolved Oxygen.

1 I INTRODUCTION

Until recently, water was considered a public domain resource of infinite quantity and quality. Water resources have always been available to humans precisely for their characteristics of being self-sustaining and resilient (GLORIA; HORN; HILGEMANN, 2017). Currently, water is considered an economic resource with limited supply and growing demand, which, in turn, tends to limit its availability (ARENAS *et al*., 2017). In this regard, the growth and development of cities and the increase in population lead to higher levels of pollution and degradation of water bodies (ALISEDA, 2016).

In Brazil, Law No. 6,938 of August 31, 1981, establishes the National Environmental Policy that conceptualizes environmental degradation as being

adverse changes in the natural characteristics of the environment (BRASIL, 1981). With water pollution and the degradation of water bodies in general, aquatic ecosystems are configured as a deposit of pollutants. In addition, the degradation of water bodies causes damage to living beings and represents a risk to individual and collective health (GLORIA; HORN; HILGEMANN, 2017; GUADARRAMA-TEJAS *et al.*, 2016). In watersheds located in urban environments, pollutants can be carried under the impermeable surface and dumped into rivers, that is, as water cannot penetrate the urban soil, pollutants are taken to the water bodies (CHAUDHRY; MALIK, 2017).

According to the classification by Von Sperling (2005), pollution can be of two types, punctual and diffused. Punctual pollution occurs when pollutants enter the water body at a specific point, while diffused pollution occurs when pollutants reach the water body sparsely along the length of the drainage channel. Actions to reduce these forms of pollution include changes in land management and use and environmental education programs (SCHWEITZER; NOBLET, 2018).

Given the context of the degradation of water bodies and its deleterious effects, the National Water Resources System was created from the Brazilian National Water Resources Policy, established by Law No. 9.433 of January 8, 1997 (BRASIL, 1997). Thus, Water Resources Plans chiefly serve to guide managers and society regarding the conservation, protection, recovery, and development of water resources (ANA, 2013; AMÉRICO-PINHEIRO *et al.*, 2019). According to Law 9.433, Water Resources Plans are long-term master plans that aim to support the implementation of the National Water Resources Policy (PNRH). In this regard, these instruments need to contain a planning horizon that is consistent with the period of operation of their programs and projects (AMÉRICO-PINHEIRO *et al.*, 2019). Nevertheless, the PNRH advocates the need for decentralized management, which, in turn, guarantees the participation of society and users of water resources in decision-making through River Basin Committees (SILVA *et al.*, 2018).

The expression “water quality” refers not only to the state of purity of this resource, but also to the physical, chemical, and biological characteristics of water and its purposes based on these characteristics (GLORIA; HORN; HILGEMANN, 2017). Therefore, the quality of a given body of water must be known to determine its most suitable uses, whether for consumption or non-consumption (MEDEIROS *et al.*, 2016). Water quality is intrinsically related to health and economic growth, which are required to achieve sustainable development and human well-being (CHÁVEZ, 2018).

Thus, the importance of indices in the study of the quality of water bodies is emphasized. These indices were developed to interpret, unify, and disseminate the data from environmental analyses and monitoring. Thus, the indices have fulfilled an important function regarding the characterization of the state and trend of water quality (MEDEIROS *et al.*, 2016). The Water Quality Index (WQI) was created in 1970 by the National Sanitation

Foundation in the USA. Subsequently, the Environmental Company of the State of São Paulo (CETESB) began to use the WQI in the mid-1970s. Years later, the same index was adopted in other states of Brazil (ANA, 2017). To calculate the WQI, the most significant parameters are selected from a list and weights are stipulated for each parameter according to its relevance (ANA, 2017; GLORIA; HORN; HILGEMANN, 2017). Therefore, it is critical to evaluate the WQI when managing and monitoring water bodies over time and space (PESSOA; ORRICO; LÔRDELO, 2018). In this regard, the National Environment Council (CONAMA) through Resolution No. 357 of 2005 establishes the classification of water bodies and defines parameters for effluent discharge and water quality.

Thus, the objective of this paper is to study and apply the water quality index in the Buranhém River Basin, conduct a systemic analysis of the WQI parameters, and identify the river's water quality status, which is related to land use and occupation in the basin area. This study is justified by the need for knowledge about the water supply to part of the population living in the South of Bahia. In addition, this study can support state and municipal planning, identify trends, and assist in the (re)elaboration of diagnoses for the inspection and practice of environmental licensing. Regarding the decentralization of water resource management, this study can also contribute to the planning and actions of the Buranhém River Basin Committee.

2 | METHODOLOGY

2.1 Characteristics of the chosen study area

The Buranhém River is the main river draining the Buranhém River Basin (BHRB), located under the geographical coordinates: latitude: -16.2474 north, -16.7137 south, and longitude -49.3495 west, -39.0633 east. The Buranhém River extends through four municipalities, namely Santo Antônio do Jacinto, Guaratinga, Eunápolis, and Porto Seguro, the first of which is located in the state of Minas Gerais and the others in Bahia, respectively. The BHRB has an area of 2,504.83 km^2 bordered to the north by the João de Tiba and Mangues river basins and to the south by the Jucuruçu River Basin (AZEVEDO; GOMES; MORAES, 2016). The Buranhém River springs from Pedra do Cachorro, in the Serra dos Aimorés, in Santo Antônio do Jacinto, in the state of Minas Gerais. Also known as the Peixe River or Porto Seguro River, it runs for 30.5 kilometers in Minas Gerais and 215.5 kilometers in Bahia, to its mouth in the Atlantic Ocean, in the city of Porto Seguro. It is the water source of cities in the Far South of Bahia, supplying a population of more than 250,000 inhabitants (Figure 1).

BHRB is also inserted in the Water Planning and Management Region IV (IV RPGA), which, among other planning regions of the state of Bahia, is delimited by the Institute of Environment and Water Resources (INEMA) due to the complexity of the hydrographic

network of the state and to enable the implementation of the water resources policy (BAHIA, 2009).

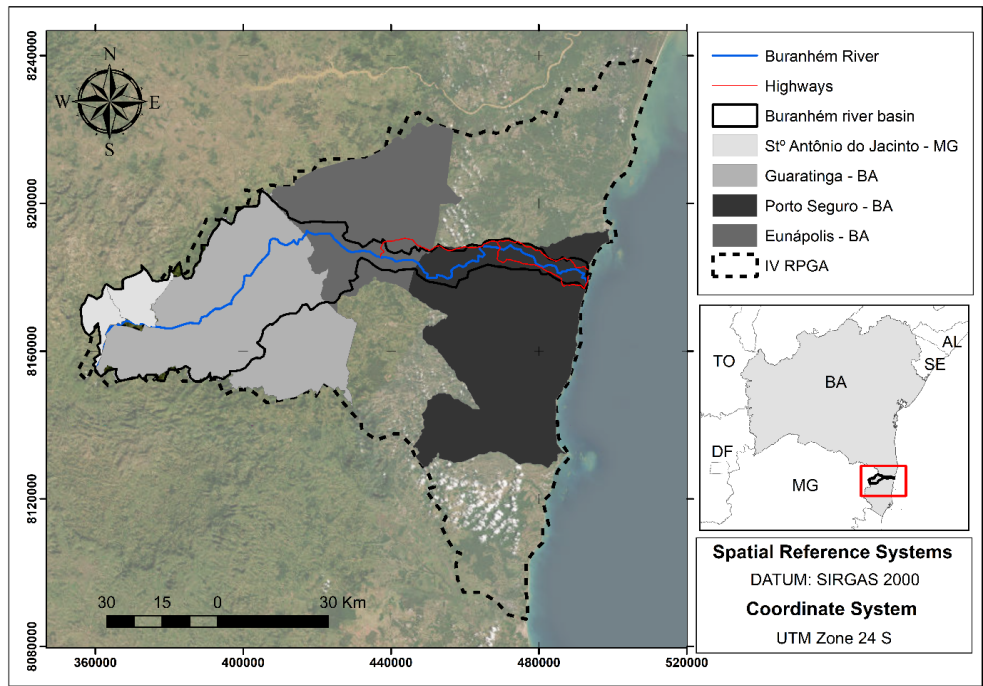



Figure I – Map of the location of the Buranhém River Basin.

Source: From the authors (2023).

2.2 Delimitation of the basin area and the Buranhém River

The basin area and the Buranhém River were delimited using the Digital Elevation Model (MDE) of TOPODATA, which has a spatial resolution of 30 meters. The entire basin delimitation process was carried out in the Geographic Information System (GIS) ArcMap 10.8 and Quantum Gis (Qgis) 3.30. For the delimitation of the BHRB, automatic delimitation was used, with the ArcMap 10.8 geoprocessing tools. The tools and their syntheses suggested by Di Luzio *et al.* (2002) are listed below:

Fill: correction of depression and errors in the MDE;

Flow direction: direction of flow;

Flow accumulation: water accumulation flow;

Stream definition: the number 50 was used as the minimum cell number;

Basin: delimitation of the basin;

Raster to polygon: conversion of the raster file into a vector file in Shapefile format.

2.3 Collection and analysis of water quality data

The water quality of the Buranhém River was studied using secondary data obtained from the National Water Agency (ANA) website. This website provides official and public data online and free of charge at http://pnqa.ana.gov.br/pnqa.aspx. The data come from the National Water Quality Program (PNQA), which extends the study on surface water quality in Brazil. PNQA data are obtained through the on-site collection of water samples in fluviometric stations monitored along the drainage channels. Subsequently, minimum water quality and collection parameters are established and standardized for all Federation Units, as well as sample management and analysis. After collection, the samples are taken to laboratories that specialize in water quality analysis. The results are submitted to the national database, published on a website, and made available free of charge to the general public.

The water quality data were obtained according to the following search criteria: i) monitoring stations located along the Buranhém River, ii) most recent water quality data (2021), iii) all nine WQI parameters included in the analysis, and iv) all fluviometric stations. After collection, the data were organized in tables and graphs and analyzed for consistency. Subsequently, four collection points were identified for four distinct stations, which were duly georeferenced and attributed to an altitude quota (Table 1 and Figure 2).

Points	P01- Guaratinga	P02 - EMBASA Captchment	P03 - BR 101 Bridge	P04 - Lemon Tree Farm
Latitude	-16,59	-16,41	-16,41	-16,46
Longitude	-40,14	-39,59	-39,59	-39,35
Altitude (m)	573	86,3	128,8	22,6

Table I – Collection points of georeferenced water samples in the Buranhém River.

Source: From the authors (2023).

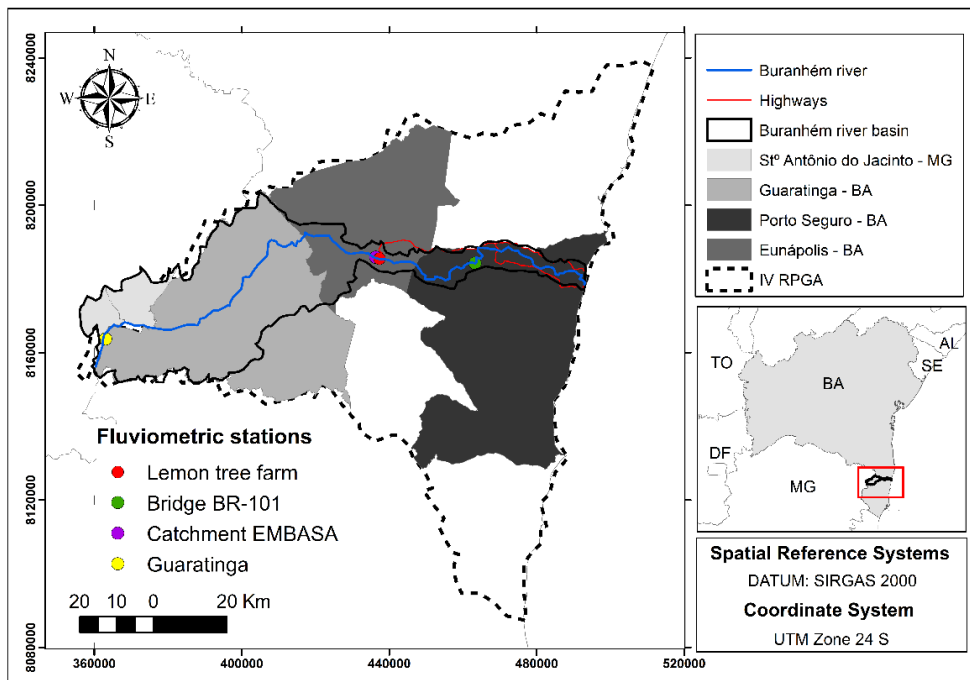



Figure II– Spatial representation of water sample collection points in the Buranhém River.

Source: From the authors (2023).

The WQI was applied to the collected data and calculated according to the parameters thermotolerant coliforms, pH, biochemical oxygen demand, total nitrogen, total phosphate, temperature, turbidity, total residue, and dissolved oxygen. Each parameter is assigned a weight due to its degree of importance (Table 2).

Parameters	Unit	Weight (W)
Dissolved Oxygen (DO)	% saturação	0,17
Thermotolerant Coliforms (TCer)	NMP/100 ML	0,15
Hygrogenic Potential (pH)	-	0,12
Biochemical Oxygen Demand (BOD)	mg O_2/L	0,10
Total Nitrogen (TN)	mg N/L	0,10
Total Phosphorus (TP)	mg P/L	0,10
Temperature (Ta)	ºC	0,10
Turbidity	UNT	0,08
Total Waste (TW)	Mg/L	0,08

Table II – Weights assigned to the parameters that make up the WQI.

Source: Adapted from ANA (2017).

When obtaining the data, the WQI was calculated since this index is obtained by the weighted productivity of the water qualities corresponding to the parameters of the following formula (PINTO *et al., 2012)*:

$$IQA = \prod_{I=1}^{9} qi^{Wi}$$

Where:

WQI: Water Quality Index, a number ranging from 0 to 100;

qi: quality of the i-th parameter. A number between 0 and 100, obtained through the average curvature, depending on its concentration or measurement;

wi = weight corresponding to the i-th parameter fixed to the detriment of its importance for the overall conformation of the quality, being a number between 0 and 1;

The results obtained for the WQI range from 0 to 100, and the value obtained within this range will qualify the water as very bad, bad, medium, good, or excellent (Table 3).

IQA quality bands	Range
Great	80 - 100
Good	52 - 79
Average	37 - 51
Bad	20 - 36
Too bad	0 - 19

Table III – WQI quality ranges for the state of Bahia, Brazil.

Source: Adapted from ANA (2017).

3 I RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Evaluation of physical parameters

Table 4 shows the results of the physical parameters of the WQI (turbidity and temperature). These parameters are based on CONAMA Resolution No. 357/2005, which provides for the classification of water bodies and environmental guidelines for their classification and establishes the conditions and standards for the discharge of effluents, and other measures. All results for the turbidity parameter showed levels within the standard for class 2 rivers.

It is noteworthy that turbidity is caused by the presence of suspended materials in the water body, such as organic and inorganic matter, silt, and clays. Thus, high turbidity values and total residues can reduce the photosynthesis of rooted vegetation and algae. Moreover, the interrupted development of aquatic flora can affect fish productivity (GÚZMAN *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2020). Given the data presented in Table 4, point 04 – Fazenda Limoeiro presented the lowest value for turbidity due to the little anthropic influence at this point.

WQI Parameters	P1- Guaratinga	P2 - Embasa Captchment	P3- Brigde Buranhém river	P4- Fazenda Limoeiro	Unidade
Turbidity	11,4	24,6	18,2	7,15	UNT
Temperature	28,7	23,9	18,2	20,3	mg N/L

Table IV – Results of the physical parameters of the WQI for the collection points.

Source: ANA, 2021

The temperature parameter complies with the provisions of CONAMA Resolution No. 357/2005 for freshwater. In the Buranhém River, the temperature does not present great amplitude along the points, so the temperatures recorded at each point are consistent with the temperature variations of the local climate. In the analyzed points, P04 - Fazenda Limoeiro showed the lowest temperature value. This is justified due to the point being in a forest fragment with dense vegetation; thus, a part of the solar radiation is intercepted by the riparian areas. Temperature, when altered, directly affects various physicochemical parameters of water, such as the viscosity and surface tension of water. Aquatic organisms are also affected by temperatures outside the standard of the Resolution, which causes impacts on growth and reproduction (FIORENSI *et al.,* 2021).

3.2 Evaluation of chemical parameters

Table 5 shows the data of the chemical parameters of the WQI, namely hydrogenionic potential (pH), dissolved oxygen (DO), biochemical oxygen demand (BOD), total nitrogen (TN), and total phosphorus (TP). CONAMA Resolution 357/2005 recommends pH values for class 2 freshwater within the range of 6 to 9. The pH values found at all collection points are within the value established by the Resolution, and the average pH of the samples is 6.45 ± 0.27. In this regard, the pH of the waters is influenced by the amount of allochthonous and autochthonous organic matter that needs to be decomposed, as the greater the amount of organic matter, the lower the pH.

WQI Parameters	P1- Guaratinga	P2 - Embasa Captchment	P3- Brigde Buranhém river	P4- Fazenda Limoeiro	Unidade
Dissolved oxygen	6,7	8,19	8,8	8,7	% saturação
pH	6,39	6,61	6,7	6,1	-
Biochemical oxygen demand	7	6	2	2	mg O_2/L
Nitrogen Total	1	1	0,14	0,1	mg N/L
Total Phosphorus	0,3	0,1	0,08	0,03	mg P/L
Total residue	72	140	114	51	Mg/L

Table V – Results of the chemical parameters of the WQI for the collection points.

Source: ANA, 2021.

When assessing the level of DO in the Buranhém River, the four sampling points had a minimum value of 6.7 $mgO_2.^{L-1}$ and a maximum value of 8.8 $mgO_2.^{L-1}$ (with a mean of 8.0 ± 0.97 $mgO_2.L^{-1}$). These values are above the limit established by CONAMA Resolution 357/2005, which recommends that the DO values should not be lower than 5 $mgO_2.^{L-1}$ for class 2 freshwater. Regarding total residues in the analyzed points, the P02 - Embasa presented 140 mg/L. According to Souza and Gastaldini (2014), values close to, equal to, or greater than 200 mg/L may indicate the release of direct sewage into the water body.

When analyzing the BOD values, points 01 and 02 presented values of 7 and 6 mg/L, respectively. The minimum BOD value was 2 mg/L and the maximum 7 mg/L (with a mean of 4.25 ± 2.63 mg/L). CONAMA Resolution 357/2005 considers values of up to 5 mg/L. Thus, in point 01 the microorganisms used more oxygen to decompose organic matter, which requires greater oxygen consumption, corroborating the DO result. BOD is the amount of oxygen consumed by microorganisms in a given effluent or water sample, thus, polluted water is considered to have a lower concentration of DO and a higher BOD (JÚNIOR *et al.*, 2018).

Regarding the chemical parameter of nitrogen, the analyzed points are within the acceptable limit of the aforementioned Resolution, which is up to 2.18 mg N/L for lotic environments. In the water samples, the minimum nitrogen value was 0.1 mg N/L and the maximum value was 1 mg N/L (with a mean of 0.56 ± 0.51). The highest nitrogen concentration values are from points 01 and 02, which, according to Von Sperling (2014), indicate anthropic influence due to the release of domestic, industrial, and fertilizer effluents. In this case, the latter is the most likely cause, given that point 01 is in a rural area.

CONAMA Resolution 357/2005 establishes the maximum permissible value (MPV) for total phosphorus of 0.10 mg/L in a lotic environment. The results of the analysis demonstrate that the presence of phosphorus exceeded the MPV at point 01. The minimum phosphorus value in the samples was 0.03 mg P/L and the maximum was 0.3 mg P/L (with a mean of 0.51 ± 0.12 mg P/L). The value of 1 mg N/L at point 01 corroborates the phosphorus concentration result. It is worth noting that high concentrations of P and N can result in the phenomenon of eutrophication.

3.3 Evaluation of the biological parameter

CONAMA Resolution No. 357/2005 determines that the limit range of thermotolerant coliforms for class 2 water must be less than 1,000 $NMP.100mL^{-1}$. Of the four samples, only two were within the limit established by the Resolution (Table 6). At points 02 and 04, the coliform values are above the allowed limit, with point 02 presenting 16,000 $NMP.mL^{-1}$ and point 04 with 24,196 NMP. $100mL^{-1}$. In general, all points showed a mean of 10,139 ± 11,976.63.

WQI Parameters	P1- Guaratinga	P2 - Embasa Captchment	P3- Brigde Buranhém river	P4- Fazenda Limoeiro	Unidade
Thermotolerant coliforms	130	16.000	230	24.196	NMP/100 ML

Table VI – Results of the biological parameter of the WQI for the collection points.

Source: ANA, 2021.

Points 02 and 04 are highlighted as the main reasons for high values of coliforms thermotolerant to the presence of fecal pollution from animal and human feces. Point 02 is closer to the urban area, which indicates contamination by domestic sewage in the river, while point 04 is located in the rural area near the mouth of the river, where contamination occurs due to the waste of animals, such as cattle. The presence of contamination by thermotolerant coliforms reveals that sewage was recently discharged at the point. This increases the probability of pathogens that may cause infectious and intestinal diseases through the consumption of low quality or untreated water (SANTOS *et al.,* 2017).

3.4 Evaluation of WQI

Table 7 shows the results of all the parameters for the analyzed points and their respective WQI values. In general, all points were classified as "good" and within the quality ranges established by the WQI. Points 02 and 04 both presented the lowest value of 58 due to the high values of thermotolerant coliforms, and all points presented a mean of 65.25 ± 8.4.

The use and occupation of land influence the quality of water bodies. Figure 3 shows the classes of land use and occupation in the Buranhém River Basin. According to the data in Figure 3, the predominant land use class is pasture, with 60.35% of the total area of the basin (1511.68 km^2). The forest formation class, which occupies 21.30% (533.60km^2) of the area, is distributed in the landscape with smaller fragments of vegetation along the basin. In the upstream section of the Buranhém River, there is a predominance of eucalyptus culture.

WQI Parameters	P1- Guaratinga	P2 - Embasa Captchment	P3- Brigde Buranhém river	P4- Fazenda Limoeiro	Unidade
Dissolved oxygen	8,8	8,7	6,7	8,19	% saturação
Thermotolerant coliforms	230	24.196	130	16.000	NMP/100 ML
pH	6,7	6,1	6,39	6,61	-
Biochemical oxygen demand	2	2	7	6	mg O_2/L
Nitrogen Total	0,14	0,1	1	1	mg P/L
Total Phosphorus	0,08	0,03	0,3	0,1	mg N/L

Temperature	18,2	20,3	28,7	23,9	ºC
Turbidity	18,2	7,15	11,4	24,6	UNT
Total residue	114	51	72	140	Mg/L
WQI	**74**	**58**	**71**	**58**	-

Table VII. Results of the parameters of the collection points and the respective WQI values.

Source: ANA, 2017.

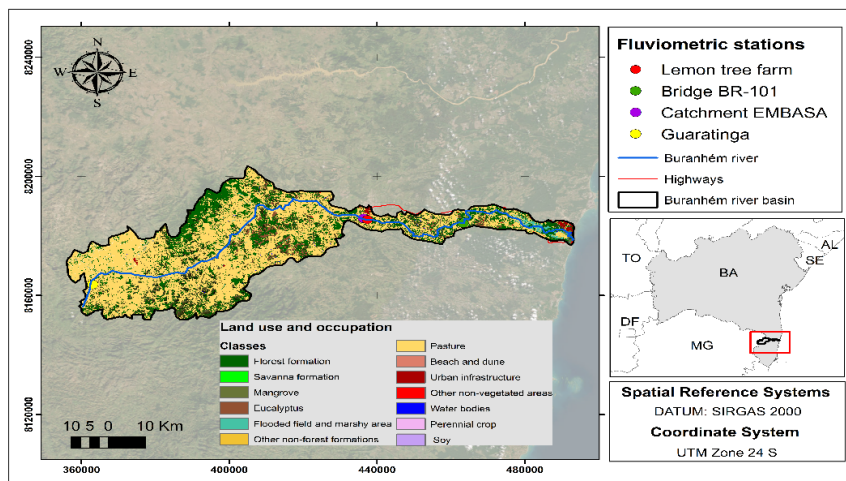



Figure III – Land use and occupation in the Buranhém River Basin.

Source: From the authors (2023).

The forest formation areas of the Atlantic Forest are concentrated in isolated and very small fragments in relation to the pasture class, which is a concern in the protection and conservation of water resources. Rainfall contributes to contamination precisely by dragging the organic matter deposited on the river slopes into the water body, which corroborates the data of thermotolerant coliforms presented in the study.

4 I CONCLUSIONS

The study showed that according to the 9 (nine) parameters that make up the Water Quality Index, the water of the Buranhém River can be classified as “good”, given that most of the parameters are in accordance with CONAMA Resolution No. 357/2005 and that the activity in the largest extent of the river is rural. Regarding the disposal of domestic sewage, IBGE data (2010) showed that the supplied population is approximately 250,000 inhabitants. With an average river flow of 38.87m^3/s (ANA, 2021) and considering a daily per capita flow of 150 L/inhabitant, the sewage flow reached 1m^3/s. Therefore, the river manages to self-purify along its route.

The determined parameters revealed that the thermotolerant coliform concentration was far above the legal MPV in fluviometric stations 02 and 04. Therefore, the treatment of domestic sewage must be prioritized to prevent pollution of the Buranhém River.

REFERENCES

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Indicadores de qualidade – Índice de Qualidade de Águas (IQA)**. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> . Acesso em: 06 de mar. de 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Planos de recursos hídricos e enquadramento de corpos de águas.** Brasília: ANA, 2013. 68 p.

ALISEDA, J. m. La importancia de los recursos hidricos en los usos del suelo en la Peninsula Iberica. **JURISMAT**, n. 9, p. 16-16, 2016.

AMÉRICO-PINHEIRO, J. H. P. et al. A gestão das águas no Brasil: uma abordagem sobre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 7, n. 53, 2019.

ARENAS, A. L. O *et al*. Planificación y gestión de los recursos hídricos: una revisión de la importancia de la variabilidad climática. **Revista Logos, Ciencia & Tecnología**, v. 9, n. 1, p. 100-105, 2017.

AZEVEDO, D. G.; GOMES, R. L.; MORAES, E. B. Bacia do rio Buranhém: análise integrada da paisagem. In: MORAES, E. B.; LORANDI, R. (orgs). **Métodos e técnicas de pesquisas em bacias hidrográficas**. Ilhéus, Bahia: Editus, 2016, 283p.

BAHIA. **Lei nº 11.612 de 08 de outubro de 2009.** Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Bahia, 2009. Disponível em: < http://www.seia.ba.gov.br/legislacao-ambiental/leis/lei-n-11612-0> . Acesso em: 07 de mar. de 2023.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasil, 1981. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 05 de mar. de 2023.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasil, 1997. Disponível em: < https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 05 de mar. de 2023.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2013.

CHAUDHRY, F. N. N.; MALIK, M. F. Factors affecting water pollution: a review. **J. Ecosyst. Ecography**, v. 7, n. 1, p. 225-231, 2017.

CHÁVEZ, J. A. V. Calidad del agua y desarrollo sostenible. **Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública**, v. 35, p. 304-308, 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução Nº 357, de 17 de Março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasil, 2005. Disponível em: < http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf>. Acesso em: 07 de mar. de 2023.

DI LUZIO, M.; et al. Integration of watershed tools and swat model into basins 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 38, n. 4, p. 1127-1141, 2002.

FIORESE, C. H. U. et al. Avaliação da qualidade da água e análise do uso e ocupação de áreas de preservação permanente da cachoeira do pedregulho, no município de Castelo, ES. **Cadernos Camilliani e-ISSN: 2594-9640**, v. 15, n. 3-4, p. 471-488, 2021.

GLORIA, L. P; HORN, B. C; HILGEMANN, M. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água-IQA. **Revista Caderno Pedagógico**, v. 14, n. 1, 2017.

GUADARRAMA-TEJAS, R. *et al*. Contaminación del agua. **Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales**, v. 2, n. 5, p. 1-10, 2016.

GUZMÁN, L. et al. Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. **Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica**, v. 16, n. 1, p. 253-262, 2013.

JÚNIOR, A. S. M. et al. Avaliação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em uma lagoa facultativa. **INOVAE-Journal of Engineering, Architecture and Technology Innovation (ISSN 2357-7797)**, v. 6, p. 300-319, 2018.

MEDEIROS, S. R. M. de et al. Índice de qualidade das águas e balneabilidade no Riacho da Bica, Portalegre, RN, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 711-730, 2016.

PESSOA, J. O.; ORRICO, S. R. M.; LORDÊLO, Maurício Santana. Qualidade da água de rios em cidades do Estado da Bahia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 687-696, 2018.

PINTO, J. L. O. F. et al. Proposta de índice de qualidade de água para a lagoa do Apodi, RN, Brasil. **Holos**, v. 2, p. 69-76, 2012.

SANTOS, G. B. et al. Avaliação dos parâmetros e do índice de qualidade da água para o Arroio Moreira/Fragata, Pelotas/RS. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 4, p. 287-299, 2020.

SANTOS, R. C. L. et al. Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 33-46, 2017.

SCHWEITZER, L.; NOBLET, J. Water contamination and pollution. In: TOROK, B.; TIMOTHY D. (orgs.). **Green chemistry**. Elsevier, 2018. p. 261-290.

SILVA, N. R. et al. enquadramento de corpos de água: um instrumento da política nacional de recursos hídricos. **Geoambiente On-line**, n. 32, 2018.

SOUZA, M. M; GASTALDINI, M. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.19, n.3, p.263-274, 2014.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 3. Ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

CAPÍTULO 4

POTENCIALIDADE DO USO DE DEJETOS SUÍNOS COMO BIOFERTILIZANTE, BIOGÁS E ENERGIA ELÉTRICA: DA REDUÇÃO DE CUSTOS NA PRODUÇÃO AO MANEJO ECOLOGICAMENTE MAIS SUSTENTÁVEL

Data de aceite: 30/08/2023

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Pós-doutorando em Química pela Universidade Federal de Uberlândia
Pós-doutor em Química pela Universidade Federal de Uberlândia
Pesquisador colaborador no Programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal de Uberlândia
Químico e responsável técnico do Centro Universitário de Maringá (UNICESUMAR)/ Polo Patrocínio-MG
http://lattes.cnpq.br/1297000265989778O
https://orcid.org/0000-0003-3587-486X

Valdinei de Oliveira Santos
Especialista em Educação Ambiental, pelo Instituto de Educação e Ensino Superior de Samambaia
Professor da Escola Estadual Dom Eliseu – Unaí -MG
http://lattes.cnpq.br/5877647086852971
https://orcid.org/0000-0002-3400-0143

RESUMO: O Brasil se destaca nacional e internacionalmente pela produção de alimentos de origem vegetal e animal, seja na forma *in natura* ou processada industrialmente. Diante disso, são geradas grandes quantidades de biomassa que acabam se tornando enormes passivos ambiental com pouca ou nenhuma utilidade. Entretanto, nas últimas décadas inúmeras pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de agregar valor e uso as biomassas para utilização nos processos de remediação ambiental, disposição ao solo e a produção de biofertilizante. No entanto, os dejetos suínos se tornaram uma preocupação ambiental em relação ao enorme potencial de poluição ambiental que podem desencadear na natureza. Neste contexto, inúmeros trabalhos vêm sendo realizados com o objetivo de reduzir e agregar valor aos dejetos suínos que apresenta um enorme potencial para a produção de biofertilizante, geração de biogás e energia elétrica resultando na redução de custos para o produtor. Entretanto, a falta de assistência e orientação técnica proveniente do poder público, faz com que os suinocultores não tenham o conhecimento necessário para um melhor gerenciamento da sua produção que poderiam proporcionar: *i*) melhorias em todas as etapas da cadeia produtiva; *ii*) redução do consumo de água e alimentação de todo o plantel e *iii*) lançamento indevido e irregular dos dejetos suínos, bem como a água residuária utilizada na limpeza das pocilgas. Diante disso, este trabalho tem por objetivos: *i*) apresentar dados recentes

sobre a produção e consumo de carne suína no Brasil e no mundo; *ii*) as implicações socioambientais decorrentes da suinocultura e *iii*) propostas que proporcionem um manejo ecologicamente mais correto e que resulte em maior rentabilidade para o suinocultor.
PALAVRAS-CHAVE: gerenciamento, plantel, rentabilidade, socioambientais, suinocultura

POTENTIAL OF USING SWINE MANURE AS BIOFERTILIZER, BIOGAS AND ELECTRICITY: FROM REDUCED PRODUCTION COSTS TO MORE ECOLOGICALLY SUSTAINABLE MANAGEMENT

ABSTRACT: Brazil stands out nationally and internationally for the production of food of plant and animal origin, whether in natura or industrially processed form. Therefore, large amounts of biomass are generated that end up becoming huge environmental liabilities with little or no use. However, in recent decades, numerous researches have been developed with the aim of adding value and use of this biomass for use in environmental remediation processes, disposal to the soil and the production of biofertilizer. However, swine manure has become an environmental concern due to the enormous potential for environmental pollution it can trigger in nature. In this context, numerous works have been carried out with the objective of reducing and adding value to swine manure, which presents an enormous potential for the production of biofertilizer, biogas and electric energy generation, resulting in cost reduction for the producer. However, the lack of assistance and technical guidance from the public authorities means that pig farmers do not have the necessary knowledge for a better management of their production, which could provide: *i*) improvements in all stages of the production chain; *ii*) reduction in the consumption of water and food for the entire flock; and *iii*) improper and irregular disposal of swine manure, as well as the wastewater used to clean pigsties. Therefore, this work aims to: *i*) present recent data on the production and consumption of pork in Brazil and in the world; *ii*) the socio-environmental implications arising from pig farming and *iii*) proposals that provide a more ecologically correct management that results in greater profitability for the pig farmer.
KEYWORDS: management, squad, profitability, sócio-environmental, swine farming

1 I INTRODUÇÃO

O planeta Terra possui a capacidade de proporcionar recursos naturais para uma população de até três bilhões de pessoas, mas que já alcançou 7,8 bilhões até o dia 30 de agosto de 2021, com uma expectativa de se atingir 10 bilhões entre os anos de 2030 e 2040. Logo, a Terra terá o triplo da população que é capaz de provir com recursos naturais. Diante deste cenário, soma-se a quantidade e diversidade de resíduos e rejeitos que são gerados pela sociedade atual que compromete a sobrevivência de boa parte da população por meio da escassez de recursos naturais e alimentos, logo as gerações vindouras já encontrarão um planeta totalmente desequilibrado (aumento da temperatura; aumento do nível dos mares e, consequentemente, o desaparecimento de litorais e até mesmo de algumas ilhas e países como Japão, desertificação de áreas, baixa qualidade e quantidade de recursos hídricos, falta ou total escassez de recursos minerais, pequena diversidade de alimentos com extinção parcial ou total dos agentes polinizadores, extinção de inúmeras

espécies de animais e vegetais importantes para o equilíbrio de variados ecossistemas) e insustentável para manter não só a sobrevivência da espécie humana, mas de todos os organismos que habitam os diferentes ecossistemas da Terra (FERNANDES; SILVA, 2020; FUNDESA, 2014; ITO; GUIMARÃES; AMARAL, 2017).

Diante disso, entre o final dos anos 80 e inicio dos anos 90, começam a emergir grupos de pessoas que se transformaram em movimentos sociais que começam a debater a relação desarmônica do homem com a natureza e como vem e tem afetado o planeta Terra. Estes movimentos se disseminam por todos os segmentos da sociedade (política, educação, ciência, tecnologia, diferentes segmentos industriais, a produção de alimentos, qualidade da água entre tantos outros), a partir destes movimentos surgem inúmeros termos, tais como: *i*) desenvolvimento e crescimento sustentável; *ii*) práticas agropecuárias ecologicamente mais corretas e sustentáveis; *iii*) legislação que estabeleça os padrões de potabilidade e qualidade da água consumida; *iv*) agricultura orgânica; *v*) selo verde de garantia do produto; *vi*) pesquisa por novas fontes de combustíveis, matrizes energéticas, matérias-prima sintéticas entre tantos outros (COSTA; MARVULLI, 2020; LIMA; BONILLA; CÂMARA,2020; MORTARI; YADA, 2018).

Neste contexto, a preocupação com a geração de resíduos em função das atividades antrópicas, passaram a ganhar força com o apoio de inúmeras pesquisas que começaram a emergir dentro de universidades e institutos de pesquisa que iniciaram a investigação por processos de aproveitamento, reciclagem, reutilização ou transformação de biomassas em algo rentável. Dentre estas a biomassa proveniente de dejetos de suínos ganha um grande destaque em função de: *i*) geração de gás metano (CH_4) que é dezesseis vezes mais “agressivo” a camada de ozônio em relação ao gás carbônico (CO_2); *ii*) dejetos com alto teor de nitrogênio e fósforo que podem levar a eutrofização de diferentes matrizes aquáticas, prejudicando ou destruindo toda a biota aquática e comprometendo diferentes recursos hídricos; *iii*) poluição do solo em função do excesso de nitrogênio e fósforo, causando hiperfertilização do mesmo; *iv*) a emissão de odores desagradáveis na atmosfera devido, principalmente, ao gás sulfídrico (H_2S) gerado na digestão dos suínos entre outros (KRAJESKI; POVALUK, 2014; OLIVEIRA et al., 2017; PIMENTA, 2018; SILVA; FRANÇA; OYAMADA, 2017). Entretanto, estes dejetos possuem um enorme potencial para: *i*) geração de energia elétrica a partir do CH_4 que possui elevada capacidade calorífica e a *ii*) produção de um biofertilizante rico em nitrogênio e fósforo (MIYAZAWA; BARBOSA, 2015; SILVA et al., 2020; TIETZ et al., 2014; VELOSO et al., 2018).

Neste cenário, este trabalho tem por objetivos: *i*) apresentar um levantamento das principais informações referentes à produção e consumo de carne suína no âmbito nacional e internacional; *ii*) a destinação final dos dejetos suínos e os principais impactos ambientais que podem ocasionar; *iii*) a potencialidade de conversão desta biomassa em biofertilizante, gerando rentabilidade aos suinocultores; *iv*) a produção de energia elétrica nas propriedades rurais a partir do gás metano presente nos dejetos suínos e *v*) melhores

práticas de manejo do plantel visando a redução de consumo de água e alimentos em toda a cadeia produtiva.

2 I PRODUÇÃO E CONSUMO DE SUÍNOS EM ÂMBITO MUNDIAL

No final do ano de 2019, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) registrou uma queda de 8,5% na produção mundial em função da Peste Suína Africana (PSA) que dizimou parte do rebanho da China e de outros países do continente asiático e europeu. Em 2020, a PSA continuou afetando a produção dos mesmos países e continentes e registrou uma redução de 7% de toda a produção mundial, que foi compensada pelo aumento de produção e exportação, principalmente, dos Estados Unidos e do Brasil que elevou a exportação em 10,5 milhões de toneladas desta comodite pecuária (FRANCESE; CARDOSO; BERNARDI, 2019; JURADO et al., 2019).

A produção de carne suína está concentrada em quatro países: China (43,87%), Reino Unido (22,62%), Estados Unidos (11,97%) e Brasil (3,88%) que totalizam 82,34% de toda a produção mundial (USDA, 2019). Sendo que até o final do mês de maio do presente ano (2021), foram registrados uma produção de 102.680 milhões de toneladas de carne suína, sendo que 86,04% foram produzidas pela China (49,23%), União Européia (27,21%), Estados Unidos (14,67%), Brasil (4,81%) e Rússia (4,07%), conforme apresentado pela Figura 1.

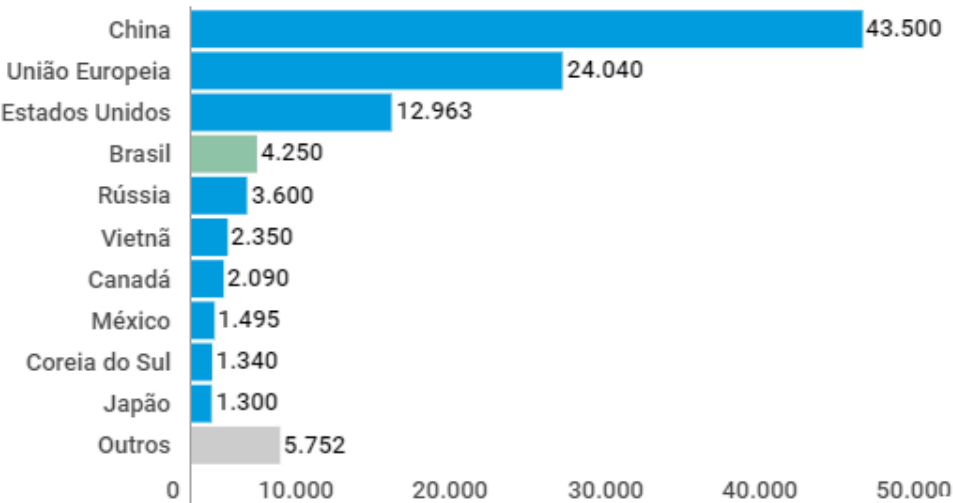



Figura 1: produção mundial de carne suína até maio de 2021.

Fonte: USDA I Foreign Agricultural Service.

Em relação ao consumo mundial, observou-se um aumento de 58% em relação aos últimos vinte anos, conforme aponta o estudo realizado pela Bureau Australiano de

Ciências e Economia Agrícola e de Recursos (ABARES) que relaciona este aumento ao crescimento populacional e ao aumento de renda proveniente de países em desenvolvimento como o Brasil. Outra pesquisa realizada pela National Pork Board (NPB) no ano de 2018, a carne suína representou 40,1% do consumo de carne no mundo. Até maio do presente ano (2021), o consumo de carne totalizou 102.075 milhões de toneladas em todo o mundo, sendo que 82,34% do consumo se concentraram nos seguintes países: China (56,75%), União Européia (23,60%), Estados Unidos (11,95%), Rússia (4,11%) e Brasil (3,58%), conforme apresentado na Figura 2.

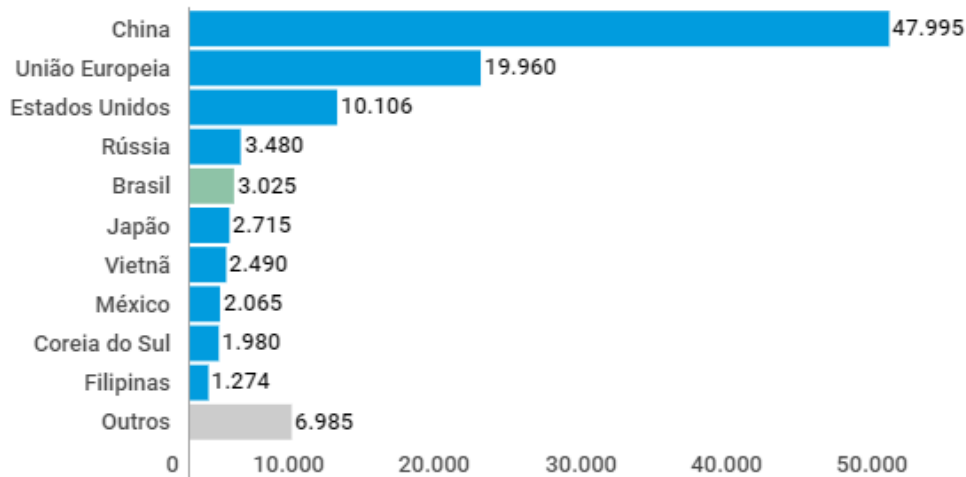



Figura 2: consumo mundial de carne suína até maio de 2021.

Fonte: USDA l Foreign Agricultural Service.

Existe uma expectativa de que até 2050, a população mundial esteja consumindo o dobro do consumo atual que poderá ocorrer pelo aumento da população mundial e também pela mudança dos hábitos alimentares que substituirá a carne vermelha (USDA, 2020).

Em termos de exportação a União Européia (UE), Estados Unidos (EUA), Canadá e Brasil são responsáveis por 90,71% de toda a carne suína produzida para este fim. Além disso, o Brasil contribui com 1230 mil toneladas, totalizando quase 12% de toda a exportação mundial. Soma-se a isso, o fato de que o Brasil contribui com um percentual maior do que todos os demais países (9,29%), exceto os três primeiros maiores exportadores mencionadas anteriormente. O bloco econômico NAFTA (EUA, Canadá e México) contribui com 45,85% de toda a exportação mundial, sendo superior a outros blocos econômicos, tais como a UE (36,97%) e o MERCOSUL (14,06%) e demais países e continentes (USDA, 2020) conforme a Figura 3.

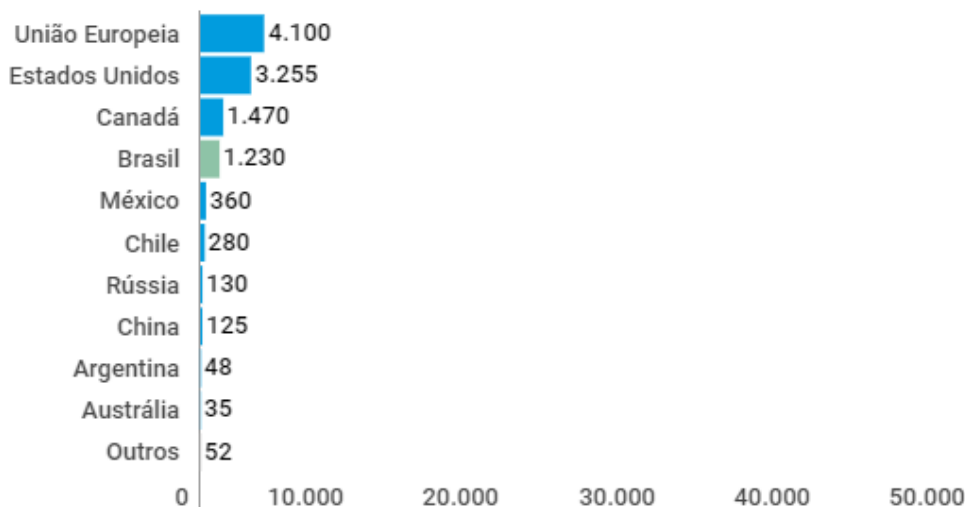



Figura 3: exportação mundial de carne suína até maio de 2021.

Fonte: USDA I Foreign Agricultural Service.

Pela Figura 3, observa-se que o Brasil está bem próximo de se igualar ou superar o Canadá em relação à exportação de carne suína, visto que a suinocultura está em constante expansão na região Sul do país (representa quase 70% da produção nacional) e nas demais regiões que além de serem maiores do que a região Sul, ainda não se voltaram para a suinocultura (USDA, 2020).

Em se tratando de importação, a China absorve 40% (3,9 milhões de toneladas) da exportação mundial, visto que mesmo sendo o maior produtor do mundo (43,87%) e que é comercializado no próprio país, o mesmo necessita importar para suprir a demanda de seu próprio consumo, uma vez o país possui a maior população do mundo (1,41 bilhões de pessoas) representando 18,08% da população mundial e que cresce em ritmo acelerado (USDA, 2020). Para se ter uma ideia, a quantidade de carne suína que a China demanda importar equivale a 91,76% de toda a produção brasileira e 28,93% superior ao consumo interno do Brasil. Neste sentido a UE, EUA, Canadá e Brasil são responsáveis por 90,71% de toda a exportação mundial, conforme apresentado na Figura 4.

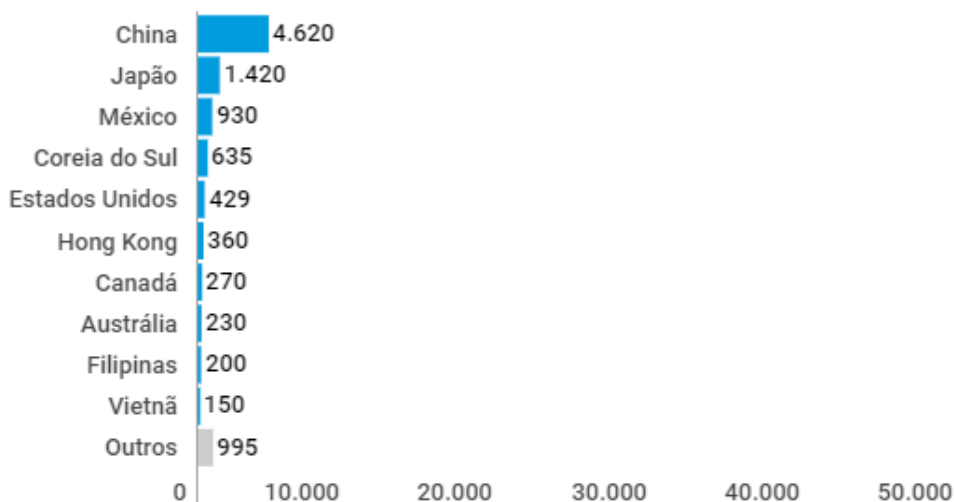



Figura 4: importação mundial de carne suína até maio de 2021.

Fonte: USDA I Foreign Agricultural Service.

Pela Figura 4, podemos observar que a UE e o Brasil são auto-suficientes em relação à produção para suprir o consumo interno e exportar parte significativa de sua produção. Entretanto, o Brasil possui um enorme potencial para expandir sua produção por todo o território nacional, como será apresentado a seguir.

3 I PRODUÇÃO DE SUÍNOS NO CENÁRIO NACIONAL

O Brasil é o quarto maior produtor de carne suína do mundo, o maior produtor da América Latina e responsável por mais de 9% da exportação mundial (ITO; GUIMARÃES; AMARAL, 2017). Do total produzido, 16% são destinados a exportação e a região Sul a maior produtora e exportadora, representando 66% da produção nacional e quase que pela totalidade das exportações de carne suína, tendo o estado de Santa Catarina como o maior produtor nacional (EMBRAPA, 2019). Os principais mercados são China, Hong Kong e Chile, de acordo com o Ministério da Economia, Indústria, Comércio Exterior e Serviços. A suinocultura se constitui em uma atividade importante do ponto de vista econômico e social para a geração de emprego e renda de forma direta ou indireta, se constituindo como uma das atividades mais importantes para a fixação do homem no campo (OLIVEIRA et al., 2017).

Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA) no ano de 2018, o Brasil produziu 3,97 milhões de toneladas de carne (proveniente de 2.039.356 matrizes), sendo exportadas 646 mil toneladas. Em 2019, houve um aumento na produção de 5,75% e uma queda de 7,32% na exportação em relação ao ano anterior com um

consumo interno da ordem de 15,9 kg/pessoa (EMBRAPA, 2020). Já em 2020, a produção nacional aumentou acima de 10% em relação ao ano anterior com uma produção de 4,44 milhões de toneladas e um aumento na exportação de quase 37% que representou 1020 milhões de toneladas, conforme o relatório emitido pela Associação Brasileira de Proteção Animal (ABPA). Segundo este relatório o estado de Santa Catarina se manteve como maior produtor nacional contribuindo com 30,73%, seguido pelo Paraná (21,10%) e o Rio Grande do Sul (19,08%). Esses três estados se mantiveram como maiores exportadores, representando 91,06% (Figura 5) de toda a exportação nacional que se destinou a abastecer três mercados externos: a China (513.519 ton.), Hong Kong (166.520 ton.) e Singapura (52.179 ton.), tais resultados reforçam que o aumento de produção de carne suína no Brasil sempre terá mercado para absorver a crescente produção de carne suína brasileira.

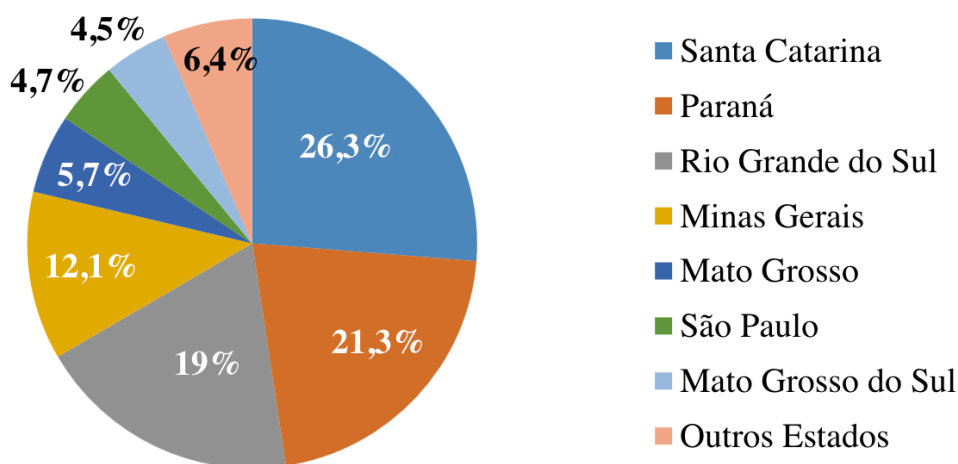



Figura 5: Produção de carne suína por estado no ano de 2018.

Fonte: adaptado de EMBRAPA, 2019.

Pela Figura 5, observa-se que o estado de Minas Gerais é o 4º maior produtor de carne suína do Brasil (12,10%), possuindo um enorme potencial para expansão em função do tamanho do seu território e sua população. O estado de Minas Gerais possui a segunda maior população do país com pouco mais de 21 milhões de habitantes, comparado a pouco mais de 7 milhões do estado de Santa Catarina (IBGE, 2019). Além disso, o estado possui uma área territorial de 587.000 km^2 equivalente a 6 vezes o de Santa Catarina (96.000 km^2). Logo, o estado mineiro poderá se tornar, em poucos anos, o maior produtor de carne suína do Brasil, se houver investimento e incentivo por parte da iniciativa privada e poder público.

No entanto, a suinocultura é considerada, pelos órgãos de fiscalização e proteção ambiental, uma atividade com enorme capacidade de poluição em função dos inúmeros contaminantes presentes na composição dos dejetos gerados, sendo que sua ação individual ou combinada, se constituem em uma enorme fonte potencial de contaminação

e degradação do ar, dos recursos hídricos e do solo (KRAJESKI; POVALUK. 2014; SILVA; FRANÇA; OYAMADA, 2017). Em grande parte, os dejetos não são tratados e dispostos no ambiente da forma mais adequada. Podendo ser atribuído a falta de recursos financeiros por parte dos suinocultores, o baixo grau de instrução e a pouca ou ausência total de atividades de assessoria e capacitação que deveriam ser fornecidos por parte dos órgãos de fiscalização e controle do âmbito público ou mesmo pelas associações ou cooperativas que são, em grande parte, mal gerenciadas (TAVARES et al., 2014).

Logo, existe a necessidade do poder público assumir a responsabilidade de capacitar, assessorar, incentivar e fiscalizar o melhor gerenciamento dos dejetos gerados pela suinocultura, gerando condições para o melhor aproveitamento e destinação final de tais dejetos, podendo inclusive agregar valores aos mesmos por intermédio da produção de biogás, energia elétrica, biofertilizante e a inserção desta atividade no mercado de crédito de carbono (TIETZ et al., 2014).

4 I IMPACTOS E PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS GERADOS PELA SUINOCULTURA

O Artigo 225 da Constituição Federal de 1988 estabelece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, uma vez que trata-se de um bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e á coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988). Diante disso, as atividades antrópicas deverão buscar formas de causar o menor impacto ambiental possível. Dentre as inúmeras atividades humanas, se encontra a suinocultura que é vista como uma atividade de elevado potencial causador de impacto ambiental em função da falta ou mau gerenciamento e destinação dos dejetos suínos (AGUIDA et al., 2016; ALBUQUERQUE, 2012; COSTA et al., 2019). Para se ter uma ideia da dimensão da capacidade de poluição dos dejetos suínos, estes são 200 vezes mais poluente do que o doméstico, podendo ser expresso pela sua comparação em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio 5 dias (DBO_5), sendo que enquanto o esgoto doméstico possui uma DBO_5 = 200 mg L^{-1}, os dejetos suínos possuem uma DBO_5 = 40.000 mg L^{-1}. Associado a isto, está o volume de dejetos suínos gerados que são 3,5 vezes superior a do homem (MACCARI, 2014).

Atualmente, já se conhecem diversas técnicas que possibilitam a redução da carga orgânica por meio do uso de lagoas de estabilização, o aproveitamento e conversão do gás metano e o sulfídrico (H_2S) em energia ou biogás (ANIS et al., 2020; BATISTA et al., 2018; COMERIO et al., 2017; TIETZ et al.2014) . Entretanto, o resíduo final é disposto ou utilizado de forma inadequada, podendo ocasionar a contaminação do solo e, consequentemente, dos recursos hídricos por meio do processo de lixiviação do solo. Isto se deve a ineficiência dos órgãos fiscalizadores e a falta de interesse de políticas públicas que leve assessoria

e capacitação dos suinocultores, bem como a falta de recursos financeiros e/ou linhas de financiamento com o intuito de se promover a melhor estruturação das propriedades rurais para o devido tratamento e melhor gerenciamento dos dejetos de forma mais adequada e rentável possível (CARDOSO; OYAMADA; SILVA, 2015; LIMA; BONILLA; CÂMARA, 2020; SANTOS; SILVA, 2018).

A associação de todos estes fatores traz como consequência primária à produção de dejetos em grande escala com consequente lançamento no ambiente de forma inapropriada sem nenhum tratamento prévio adequado, levando a enormes prejuízos, a *priori*, a saúde dos próprios animais, dos suinocultores e de pessoas que vivem nas comunidades mais próximas e a *posteriori* geram impactos ambientais para a atmosfera, o solo e os recursos hídricos (COSTA; MARVULLI, 2020; FUNDESA, 2014; ITO; GUIMARÃES; AMARAL, 2017).

Os gases, vapores e poeiras gerados pela suinocultura podem causar sérios problemas, entre os quais: *i*) maus odores que podem comprometer a saúde tanto dos suinocultores quanto dos animais; *ii*) corrosão de equipamentos e das edificações utilizadas na criação e *iii*) geração de gases que contribuem para o aumento do efeito estufa, tais como o gás metano (CH_4) e sulfídrico (H_2S) que contribuem enormemente para o aumento do efeito estufa e consequentemente aquecimento global (BATISTA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2017; RITTER; SANTOS; CURTI,2013; VELOSO et al., 2018).

Os recursos hídricos são contaminados em função do escoamento direto para mananciais ou por intermédio da lixiviação do solo que contamina os lençóis freáticos. Os dejetos são constituídos por matéria orgânica; nutrientes (NO_3^-, PO_4^{3-}) sendo estes responsáveis pela eutrofização de ambientes aquáticos estáticos (lagos e águas represadas); antibióticos e sais (potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco cobre e outros elementos) incluídos na formulação da ração animal e que são excretados pela urina e a geração de organismos patogênicos (DIESEL et al., 2012; MENEZES et al., 2018; TONIAZZO et al., 2018;) que podem ser absorvidos pelo homem tanto por meio da alimentação, quanto pelo consumo de água, desencadeando uma série de problemas de saúde que estão de forma direta ou indiretamente relacionados a esta contaminação, ocasionando o aumento de receitas destinadas a saúde pública, gerando déficit de recursos financeiros destinados a outros setores de responsabilidade do município (ALBUQUERQUE, 2012; *MORAES et al., 2017*).

Para o solo, os riscos estão associados ao lançamento destes dejetos sobre o mesmo, causando prejuízo ao desenvolvimento e possíveis contaminações das culturas. Além disso, a aplicação elevada de dejetos ou a incorreta impermeabilização do solo para construção de lagoas de armazenamento podem ser rotas de entrada dos dejetos no solo (DIESEL et al., 2012; JESUS; DEGGERONE; COSTA, 2018; KRAJESKI; POVALUK, 2014).

5 | COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS DEJETOS SUÍNOS

Os dejetos suínos possuem um alto potencial para ser utilizado como fertilizante em função de sua composição química, podendo vir a substituir a adubação química de forma parcial ou total, aumentando a produtividade das culturas e reduzindo os custos de produção. Em geral, os dejetos apresentam alto teor de água gerada por perdas nos bebedouros, lavagem das pocilgas e entrada de água da chuva. Em geral, dejetos com maior quantidade de água apresentam uma baixa concentração de nutrientes NPK (Nitrogênio, Fósforo e Potássio), visto que o valor médio de nutrientes é de 6,83 kg/m^3 (2,92 kg de N, 2,37 kg de P_2O_5 e 1,54 kg de K_2O) quando armazenado com excesso de água. Já sem o excesso de água é de 15 kg/m^3, logo a quantidade de água deve ser reduzida tanto para se obter um biofertilizante de melhor qualidade quanto reduzir custos envolvidos com armazenamento, transporte e aplicação por unidade de nutriente (SCHERER, 2012). Logo, os dejetos podem se constituir em uma excelente fonte de nutrientes NPK para serem empregados como fertilizantes em vários tipos de cultivos, desde que haja uma devida forma de tratamento para estes dejetos.

6 | CULTIVOS RECOMENDADOS PARA APLICAÇÃO DE DEJETOS SUÍNOS COMO BIOFERTILIZANTE

Segundo a EMBRAPA (2019), cada suíno produz 995 g de N/mês, sendo necessários 14,63 hectares (ha) de área para dispor o dejeto de 170 suínos. Logo, se faz necessário investir em pesquisas que proporcionem a busca pela formulação de variados fertilizantes para atender as diversas culturas. Diante disso, inúmeros estudos vêm sendo desenvolvidos a fim de se obter um biofertilizante, sendo reportado na literatura em inúmeros trabalhos (MENEZES et al., 2017; STOLL, 2017) que apontam culturas que podem ou não serem aplicadas os dejetos. Em geral, são indicadas para culturas que não estão em contato diretamente com o solo e que só são comestíveis após passarem por processos industriais para posteriormente serem consumidos, entre os quais podemos citar: *i*) milho (MENEZES et al., 2018; NASCIMENTO, 2016); *ii*) aveia (PINTO et al., 2014); *iii*) soja (OLIVEIRA et al., 2017) e *iv*) cana-de-açúcar (MENEZES et al., 2015); Além disso, podem ser empregados no cultivo de fruticultura, reflorestamento, produção de grama e cultivo de pastagens (carência de no mínimo 30 dias a aplicação) e posterior uso para pastagem. No entanto sua utilização em hortaliças e legumes não são indicados (CARBONARI; FILHO, 2020; SANTIAGO; BECHTLUFFT, 2010).

7 | TRATAMENTO DE DEJETOS SUÍNOS PARA A PRODUÇÃO DO BIOFERTILIZANTE

Sabendo dos problemas que os dejetos suínos podem ocasionar ao solo, água, ar,

fauna e flora desencadearam-se a necessidade de desenvolver manejos e tratamentos mais adequados tanto para a disposição final, quanto para a utilização como biofertilizante nas próprias propriedades ou até mesmo com potencial para ser comercializado para outras propriedades utilizarem em diversos cultivos, transformando a suinocultura em uma atividade com menor poder impactante ao ambiente. Para tanto, existem diversas formas de tratamento que podem ser utilizadas de forma separada, não possibilitando a geração de um dejeto adequado para disposição final ou para a utilização como biofertilizante com confiabilidade de não contaminar os cultivos e o ambiente. Entre as formas de tratamento existem as esterqueiras, lagoas facultativas, digestão anaeróbia, compostagem e cama sobreposta (MICHAELSEN; TREVISAN; SCHMIDT, 2020). Entretanto, não será objeto de discussão no presente trabalho.

8 I CONCLUSÕES

O Brasil se apresenta como poucos países do mundo, com capacidade de produção de suínos para abastecer o mercado interno e exportar o excedente para mercados que não param de aumentar sua demanda por exportação como à China. Além disso, o Brasil possui a possibilidade de expandir a produção de suínos para todas as regiões do país, aumentando sua capacidade de exportação. Entretanto, se faz necessário a criação de políticas públicas voltadas para prestar assistência técnica e treinamento aos suinocultores. Soma-se a isso a falta de incentivo para disponibilizar linhas de crédito e financiamento aos produtores que poderão modernizar suas instalações e aquisição de equipamentos para produção de energia elétrica por meio do poder calorífico do biogás, trazendo benefício para o agricultor e se constituindo em processos de produção ecologicamente mais sustentáveis. Além disso, com o incentivo a pesquisa e tecnologia de ponta, o país poderá produzir um biofertilizante que poderá ser comercializado ou utilizado nas próprias propriedades rurais, reduzindo o custo com a aquisição de fertilizantes industrializados.

REFERÊNCIAS

AGUIDA, L. M. et al. Caracterização de resíduos da suinocultura, da indústria têxtil e de urina humana para aplicação como fertilizante. **Revista de estudos ambientais**, v. 18, n. 2, p. 52-61, 2016. https://proxy.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/6026

ALBUQUERQUE, C. 2012. Fertilizante com dejeto suíno pode levar toxicidade a solos**.** http://www5.usp.br/13056/fertilizante-com-dejeto-suinopode-levar-toxicidade-a-solos-aponta-estudo-da-esalq/

ANIS, C. F. et al. Viabilidade econômica para implantação de um biodigestor: uma alternativa para o pequeno produtor rural suinocultor. **Multitemas**, v. 25, n. 59, p. 147-168, 2020. http://dx.doi.org/10.20435/multi.v21i59.2733

BATISTA, E. A. et al. Produção de bio-hidrogênio e metano por meio da codigestão de manipueira e dejetos suínos. **Revista DAE**, v. 66, n. 213, p. 48-58, 2018. https://doi.org/10.4322/dae.2018.031

BRASIL, Artigo. 225 da Constituição Federal de 1988. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm

CARBONARI, L. T. S.; FILHO, W. J. M. Variáveis morfológicas e produção de beterraba em cultivo orgânico utilizando composto suíno. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n.6, p.34782-34790, 2020. https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-136

CARDOSO, B. F.; OYAMADA, G. C.; SILVA, C. Produção, tratamento e uso dos dejetos suínos no Brasil. **Revista Desenvolvimento em Questão**, n.32, p. 127-145, 2015. https://doi.org/10.21527/2237-6453.2015.32.127-145

COMÉRIO, A. et al. Viabilidade de geração de energia elétrica a partir de dejetos suínos considerando redução do despacho de usinas termelétrica. Revista **Ifes Ciência**, v. 3, n. 2, p. 102-119, 2017. https://doi.org/10.36524/ric.v3i2.341

COSTA, G. S.; MARVULLI, M. V. N. Soluções alternativas para o tratamento, disposição ou reutilização de dejetos animais provenientes de atividade suinícola no Brasil. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1471-1479, 2020.

https://doi.org/10.34188/bjaerv3n3-063

COSTA, M. P. M. et al. Parâmetros físico químicos e microbiológicos de um sistema de compostagem de dejetos sólidos de suínos associado com resíduos de hortaliças. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.2, p.45-52, 2019. http://doi.org/10.6008/CBPC2179- 6858.2019.002.0005

DIESEL, R. et al. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos de suínos.** Concórdia, SC: EMBRAPA-CNPSA/EMATER-RS, 31p, 2012. http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/bipers/bipers14.pdf

FERNANDES, E. L.; SILVA, H. O. Manejo sustentável de dejetos de suínos no Brasil: aspectos gerais. **Revista Agroveterinária, Negócios e Tecnologias**, v. 5, n. 1, p. 1 – 16, 2020. https://ojs.fccvirtual.com.br Acesso em: 25/08/2021

FUNDESA - Conselho Técnico Operacional de Suinocultura. **Sustentabilidade ambiental na produção de suínos: recomendações básicas.** p.1-58, 2014. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1014301/ sustentabilidade-ambiental-na-producao-de-suinos-recomendacoes-basicas

Empresa Brasileira de Pesquisa Brasileira – EMBRAPA. **Estatísticas de produção de suínos e aves por estado em 2018 no Brasil.** http://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatística/suinios/brasil

FRANCESE, A. S.; CARDOSO, A. C. C.; BERNARDI, C. M. M. African Swine fever and its impact on the economy. **JORNAL MedVetScience FCA**, v. 2, n.1,p. 41-45, 2020. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/tbed.12695

ITO, M.; GUIMARÃES, D.; AMARAL, G. Impactos ambientais da suinocultura: desafios e oportunidades. **Agroindústria**, v.44, p.125-156, 2017. http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/9974

JESUS, N.; DEGGERONE, Z. A.; COSTA, J. F. R. Identificação e destinação dos resíduos gerados pela produção de suínos em Palmitinho (RS). **Revista Eletrônica Cientifica da UERGS**, v.4, n. 3, p. 432-446, 2018. http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.43.432-446

JURADO, C. et al. Risk of African swine fever virus introduction into the United States through smuggling of pork in air passenger luggage. **Scientific Reports,** v. 9, p. 14423, 2019. https://doi.org/10.1038/s41598-019-50403-w

KRAJESKI, A.; POVALUK, M. Alterações no solo ocasionadas pela fertirrigação dos desejos suínos. **Saúde e Meio Ambiente**, v.3, p. 3-18, 2014. https://doi.org/10.24302/sma.v3i1.415

LIMA, J. D. O.; BONILLA, O. H.; CÂMARA, C. P. Tratamento anaeróbio de dejetos orgânicos para remoção de poluentes e patógenos provindos de suinocultura na Universidade Estadual do Ceará. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 1202-1211, 2020. http://dx.doi.org/10.34188/bjaerv3n3-039

MACCARI, A. P. **Avaliação ambiental do uso de dejetos de suínos por meio de ensaios ecotoxicológicos em solos do Estado de Santa Catarina.** 135 f. 2014. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2014. https://www.udesc.br/arquivos/cav/id_cpmenu/1465/ana_paula_maccari_dissertacao_unlocked_15693534022829_1465.pdf

MENEZES, J. F. S. et al. Production of sugarcane and residual nutrient content in the soil after pig slurry applications. **Revista Agrarian**, v.10, n. 35, p. 42-51, 2017. https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i35.4046

MENEZES, J. F. S. et al. Perdas de água, solo e nutrientes por escoamento superficial após aplicação de dejetos líquidos de suínos na cultura do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, v.5, p. 17-22, 2018. https://doi.org/10.32404/rean.v5i1.1747

MICHAELSEN, R.; TREVISAN, V.; SCHMIDT, V. Sobrevivência de salmonella em sistema anaeróbio para o tratamento de dejetos suínos. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 17831-17838, 2020. https://doi.org/110.34117/bjdv6n4-090

MIYAZAWA, M.; BARBOSA, G. M. C. Dejeto Líquido de suíno como fertilizante orgânico: Método simplificado. **Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Paraná –IAPAR**, p. 1-32, 2015. http://testes.sistemafaep.org.br Acesso em: 24/08/2021

MORAES, R. E. et al. Suinocultura e o Meio-ambiente. Revisão de Literatura. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 10, p. 1-17, 2017. http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n101017/101719.pdf

MORTARI, T. O.; YADA, M. M. Formas de utilização dos dejetos de suínos. **Interface Tecnológica**, p. 404-418, 2018. https://doi.org/10.31510/infa.v15i2.481

OLIVEIRA P.A.V. et al. Modélisation du volume et de la composition du lisier des porcelets en postsevrage au Brésil**. Journées Recherche Porcine en France**, v. 49, p.251-256, 2017. https://www.journees-recherche-porcine.com Acesso em: 27/08/2021.

PIMENTA, J. A proteína animal brasileira em 2018: desafios e perspectivas. **Associação Brasileira de Proteína Animal,** p. 1-37, 2018. https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2018/10/relatorio-anual-2018.pdf

PINTO, M. A. B. et al. Aplicação de dejeto líquido de suínos e manejo do solo na sucessão aveia/milho. **Revista de Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p.205-212, 2014. www.agro.ufg.br/pat

RITTER, C. M.; SANTOS, F. R.; CURTI, S. Potencial de produção de biogás com dejetos da suinocultura: sustentabilidade e alternativa energética em Santa Catarina. **TÓPOS**, v. 7, p. 32-40, 2013. https://revista.fct.unesp.br/index.php/topos/article/view/2691

SANTIAGO, E. G. R. de A.; BECGTLUFFT, M. P. Efeito da aplicação de dejeto líquido de suínos e fertilizante mineral no cultivo de alface (*Lactuva sativa. L*). **SynThesis Revista Digital FAPAM**, Pará de Minas, v.2, n.2, p.158-166, 2010. www.fapam.edu.br/revist

SANTOS, D. T.; SILVA, V. M. A suinocultura e os impactos ao meio ambiente. **Ciência & Tecnologia,** v. 2, n. 2, p.43-48, 2018.

SCHERER, E. E. **Aproveitamento de esterco suíno como fertilizante.** Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar, Chapecó, p. 91-102, 2012. http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/9-EloiScherer.pdf

SILVA, C. M.; FRANÇA, M. T.; OYAMADA, G. C. Características da suinocultura e os dejetos causados ao ambiente. **CONECTI ONLINE**, n.12, p.44-60, 2015. https://periodicos.univag.com.br

SILVA, J. A. et al. Tratamento de dejetos no Brasil: comparativo entre as técnicas de compostagem e biodigestores anaeróbios. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 2, p. 797-817, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n2p797-817 Acesso em: 25/08/2021

TAVARES, J.M.R. et al. The water disappearance and manure production at commercial growing-finishing pig farms. **Livestock Science**, v. 169 , p. 146-154, 2014. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.09.006

TIETZ, C. M. et al. Produção de biogás a partir de dejetos suínos. **Acta Iguaçu**, v. 3, n.3, p. 92-102, 2014. https://e-revista.unioeste.br Acesso em: 25/08/2021

TONIAZZO, F. et al. Avaliação da liberação de CO_2 em solo com adição de águas residuárias suínicolas e impactos ambientais e sociais da suinocultura. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental** , v. 7, n. 1, p. 253-274, 2018. http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v7e12018253-274

VELOSO, A. V. et al. Sustentabilidade ambiental da suinocultura com manejo de dejetos em biodigestor – Avaliação de parâmetros físico-químicos. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 4, p. 322-333, 2018. https://doi.org/10.13083/reveng.v26i4.84

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA - Técnico em Química pelo Colégio Profissional de Uberlândia (2008), Bacharel em Química pela Universidade Federal de Uberlândia (2010), Licenciado em Química (2011) e Bacharel em Química Industrial (2023) pela Universidade de Uberaba, em Ciências Biológicas (2021) e em Física (2022) pela Faculdade Única. Especialista em Metodologia do Ensino de Química e em Ensino Superior pela Faculdade JK Serrana em Brasília (2012), especialista em Ensino de Ciências e Matemática pelo Instituto Federal do Triângulo Mineiro (2021), especialista em Ciências Naturais e Mercado de Trabalho (2022) pela Universidade Federal do Piauí (UFPI) e especialista em Química Analítica pela Faculdade Metropolitana (FAMES) em 2023. Mestre (2015) e doutor (2018) em Química Analítica pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Realizou o primeiro estágio Pós-Doutoral (de maio de 2020 a abril de 2022) e cursa o segundo estágio (2022-atual) na UFU com ênfase na aplicação de novos agentes oxidantes utilizando radiação solar para remoção de Contaminantes de Preocupação Emergente (CPE) em efluentes de uma estação de tratamento de esgoto. Atualmente é químico e responsável técnico pelos laboratórios da Unicesumar/Polo Patrocínio e professor do SENAI-GO. Atuando nas seguintes linhas de pesquisa: (*i*) Desenvolvimento de novas metodologias para tratamento e recuperação de resíduos químicos gerados em laboratórios de instituições de ensino e pesquisa; (*ii*) estudos de acompanhamento do CPE; (*iii*) Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para remoção de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (*iv*) Aplicação de processos oxidativos avançados (H_2O_2/UV C, TiO_2/UV-A e foto-Fenton e outros) para remoção de CPE em efluentes de estação de tratamento de efluentes para reuso; (*v*) Estudo e desenvolvimento de novos bioadsorventes para remediação ambiental de CPE em diferentes matrizes aquáticas; (*vi*) Educação Ambiental e; (*vii*) alfabetização científica e processos de alfabetização na área de Ciências Naturais, especialmente biologia e química. É membro do corpo editorial da Atena Editora desde 2021 e já organizou mais de 60 e-books e publicou 40 capítulos de livros nas diferentes áreas de Ciências da Natureza, Engenharia Química e Sanitária/Ambiental, Meio ambiente dentre outras áreas afins.

ÍNDICE REMISSIVO

J

M

N

P

R

S

W

ENGENHARIA SANITÁRIA
E AMBIENTAL 3

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena
Editora
Ano 2023

INNOVATE:

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL 3

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Atena Editora

Ano 2023